

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

DEISY YURANY AVILA MORALES

MODELAGEM DA CURVA DE CUSTO DE ENERGIA TÉRMICA PARA O
PROBLEMA DO PLANEJAMENTO HIDROTÉRMICO

CURITIBA

2017

DEISY YURANY AVILA MORALES

MODELAGEM DA CURVA DE CUSTO DE ENERGIA TÉRMICA PARA O
PROBLEMA DO PLANEJAMENTO HIDROTÉRMICO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Área de concentração em Engenharia de Recursos Hídricos, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental.

Orientador: Prof. Marcelo Rodrigues Bessa, PhD

Coorientador: Prof. Dr. Daniel Henrique Marco Detzel

CURITIBA

2017

AV958m

Avila Morales, Deisy Yurany

Modelagem da curva de custo de energia térmica para o problema do planejamento hidrotérmico / Deisy Yurany Avila Morales. – Curitiba, 2017.
119 f. : il. color. ; 30 cm.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e
Ambiental, 2017.

Orientadora: Marcelo Rodrigues BessaDaniel Henrique Marco.
Bibliografia: p. 84-90.

1. Engenharia ambiental. 2. Recursos hídricos. 3. Sistema elétrico.
I. Universidade Federal do Paraná. II. Bessa, Marcelo Rodrigues. III. Título.

CDD: 621.3104



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor TECNOLOGIA
Programa de Pós Graduação em ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAL
Código CAPES: 40001016021P0


TERMO DE APROVAÇÃO


Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **DEISY YURANY AVILA MORALES**, intitulada: **"Modelagem da curva de custo de energia térmica para o problema do planejamento hidrotérmico"**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua

APROVAÇÃO

Curitiba, 09 de Março de 2017.


MARCELO RODRIGUES BESSA
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)


DANIEL HENRIQUE MARCO DETZEL
Coorientador - Avaliador Interno (UFPR)


DEBORA CINTIA MARCILIO
Avaliador Externo (LACTEC)


ELOY KAVISKI
Avaliador Interno (UFPR)


MIRIAM RITA MORO MINE
Avaliador Interno (UFPR)

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, pela fortaleza nos momentos difíceis e por guiar meus passos.

A toda minha família em especial aos meus pais Marina e Jaime pela determinação e luta na minha formação e pela motivação para cumprir meus sonhos, a meu irmão Rodrigo pela confiança depositada em mim, sem seu apoio este sonho não teria se tornado possível. Às minhas irmãs Faisuly e Lorena pelo amor e cumplicidade em todos os momentos de minha vida e aos meus sobrinhos Juan Diego e Luciana por alegrar meus dias.

Ao meu orientador o Prof. Marcelo Rodrigues Bessa pela sugestão deste tema tão interessante e inovador, pelo incentivo e acompanhamento durante a realização deste trabalho.

Ao meu coorientador o Prof. Daniel Detzel por aceitar participar deste trabalho, pelo apoio e dedicação que sempre demonstrou ao longo de todo o processo.

Aos professores da banca examinadora Prof^a. Miriam Mine e o Prof. Eloy Kaviski pelas importantes contribuições e considerações, as quais foram fundamentais para a elaboração deste estudo, em especial à Débora Marcilio pela generosidade e disponibilidade dedicada que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

Aos demais professores do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental que contribuíram na minha formação profissional, especialmente ao Prof. Cristovão Fernandez e o Prof. Tobias Bleninger pela oportunidade de fazer parte deste programa e pelo apoio recebido.

Ao Carlos Ovelar, pelo apoio e presença constante, principalmente por todo o incentivo, força e coragem transmitida para motivar-me nos momentos de dificuldade. Esta conquista também é sua.

As pessoas maravilhosas que conheci durante o mestrado especialmente aos meus amigos Alejandra, Erika, Pedro e Maria José, espero que nossa amizade ultrapasse qualquer fronteira.

*Difícil não é lutar por aquilo que se quer,
e sim desistir daquilo que se mais ama.*
Bob Marley

SUMARIO

INTRODUÇÃO	14
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
1.1 SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO ATUAL	17
1.2 SISTEMA HIDROTÉRMICO	23
1.2.1 Planejamento da Operação do Sistema Hidrotérmico Brasileiro	24
1.2.2 Usinas Hidroelétricas.....	28
1.2.3 Usinas Termelétricas.....	33
1.2.3.1 Custo de Geração de Usinas Termelétricas.....	35
1.2.3.2 Restrições Operativas das Unidades Termelétricas.....	39
2. MÉTODO.....	42
2.1 MODELAGEM FUNÇÃO DE CUSTO NÃO LINEAR	42
2.1.1 Método de obtenção dos pontos para o ajuste da função	43
2.1.1.1 Pontos abaixo de 70% da geração máxima	44
2.1.1.2 Pontos acima de 70% da geração máxima	44
2.1.2 Modelagem empírica da função de custo térmico pelo método de <i>Levenberg-Marquardt</i>	48
2.2 ANÁLISE QUALITATIVA DA FUNÇÃO DE CUSTO DE GERAÇÃO TERMELETRICA.....	51
2.3 MODELO DE OTIMIZAÇÃO PARA O DESPACHO HIDROTÉRMICO.....	53
3. ESTUDO DE CASO	55
3.1 SISTEMA HIDROTÉRMICO TESTE.....	55
3.2 DADOS HIDROLÓGICOS	58
4. RESULTADOS.....	59
4.1 FUNÇÕES DE CUSTO PROPOSTAS.....	59
4.1.1 Função de Custo Mista Exponencial	59

4.1.2	Função de custo Racional	60
4.2	APLICAÇÃO DA FUNÇÃO DE CUSTO TÉRMICO RACIONAL NO PHOENIX	62
4.2.1	Resultados do despacho térmico	63
4.2.2	Resultados do déficit	65
4.2.3	Resultados da operação do sistema hidrotérmico teste para três cenários hidrológicos	67
4.2.4	Análise do aspecto computacional	77
	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	81
	REFERÊNCIAS.....	84
	GLOSSÁRIO.....	91
	APÊNDICE 1	92
	ANEXO 1.....	117

RESUMO

O planejamento da operação de um sistema elétrico hidrotérmico permite determinar a quantidade de energia que será produzida durante um período de tempo, para atender a demanda e substituir de forma eficiente à geração de alto custo das unidades térmicas. Este processo de planejamento é um problema complexo, de caráter não linear, dependente de múltiplas variáveis e iterativo, o que faz necessária a utilização de métodos computacionais, que incluem vários tipos de abordagens e simplificações para torná-los viáveis computacionalmente e economicamente. Estas simplificações implicam em modelos aproximados, que usualmente não representam de forma fiel o comportamento real das usinas.

A tomada de decisão na operação de um sistema hidrotérmico depende da produção e eficiência na geração elétrica das usinas hidroelétricas e nos custos de operação das usinas termelétricas. A modelagem da produção elétrica nas usinas hidroelétricas é difundida na literatura, ao passo que pouco se encontra a respeito dos custos de usinas termelétricas.

O presente estudo propõe uma modelagem empírica que defina os custos das unidades termelétricas a gás, a fim de representar o despacho térmico de maneira mais realista, satisfazendo as restrições operacionais e funcionais do sistema e que seja adequada à programação não linear para o problema do despacho hidrotérmico. Nesse sentido, é sugerida uma função que leva em consideração uma penalização devida a custos de partida e custos ambientais para despachos de baixa potência.

O desempenho da função de custo de geração térmica é avaliado no modelo de otimização para o despacho hidrotérmico PHOENIX (, cuja abordagem é não linear considerando cada usina individualmente, mediante a simulação de um sistema teste composto por sete usinas hidráulicas e uma usina térmica. Como resultado deste estudo de caso, concluiu-se que a função proposta pôde ser implementada mesmo apresentando não convexidade, a otimização com o emprego desta função permitiu uma melhora nos despachos de baixa intensidade.

Palavras chave: sistema elétrico hidrotérmico, planejamento elétrico, usinas termelétricas, otimização não linear.

ABSTRACT

Planning operation for a hydrothermal electrical system helps determine the energy amount would be produced during a period of time in order to fulfil an energy demand and manage with more efficiency the high costs of thermal generation units. This planning process is a complex problem, non-linear, depending on multiple variables and iterative. Consequently, it is necessary to use computational models, including different approaches and simplifications. These simplifications imply in approximations, which usually do not represent faithfully the actual behavior of the plants.

The decision making in the operation of a hydrothermal system depends on the production and efficiency in electricity generation from hydroelectric plants and operating cost of thermal power. The modeling of electricity production in hydro power plants is widespread in the literature, while little is about the thermal power plant costs.

The present study proposes an empirical modeling that defines the costs of the gas fired power plants, in order to represent the thermal dispatch in a more realistic way, satisfying the operational and functional constraints of the system, being suitable for the nonlinear programming for the hydrothermal dispatch problem. In this sense, a function is suggested that takes into account a penalty due to starting costs and environmental costs for low power orders.

The performance of the thermal generation cost function is evaluated in the optimization model for hydrothermal dispatch PHOENIX, whose approach is nonlinear considering each plant individually, by means of the simulation of a test system composed of seven hydroelectric plants and one thermal plant. As a result, it was concluded that the proposed function could be implemented even though presenting no convexity. The optimization with the use of this function allowed an improvement in low intensity dispatches.

Keywords: hydrothermal electrical systems, energy management, thermo-electric power plants, non-linear optimization.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – PARCELA DE ENERGIA HIDROELÉTRICA GERADA NO BRASIL	17
FIGURA 2 – CAPACIDADE INSTALADA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATÉ FEVEREIRO DE 2017.....	18
FIGURA 3 – ESTRUTURA INSTITUCIONAL DO SETOR ELÉTRICO	21
FIGURA 4 – MAPA DO SIN – SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL	23
FIGURA 5 – ESTRUTURA BÁSICA DE UM SISTEMA HIDROTÉRMICO	24
FIGURA 6 – PROCESSO DE DECISÃO PARA UM SISTEMA HIDROTÉRMICO	25
FIGURA 7 – USO ÓTIMO DA ÁGUA EM SISTEMAS HIDROTÉRMICOS.....	25
FIGURA 8 – CADEIA DE MODELOS DESENVOLVIDOS PELO CEPEL PARA O PLANEJAMENTO PROGRAMAÇÃO DA OPERAÇÃO DO SIN	26
FIGURA 9 – ESQUEMA DE USINA HIDROELÉTRICA	30
FIGURA 10 – CURVA COLINA DE UMA TURBINA HIDRÁULICA	32
FIGURA 11 – PARTES DE UMA USINA TÉRMICA.....	33
FIGURA 12 – FUNCIONAMENTO DE UMA USINA TÉRMICA.....	34
FIGURA 13 – CURVA TÍPICA DE CUSTO DE UMA USINA TÉRMICA.....	36
FIGURA 14 – CURVAS DE CUSTO PARA VÁRIAS USINAS TÉRMICAS A GÁS	37
FIGURA 15 – CURVA DE CUSTO INCREMENTAL DE OPERAÇÃO DO SISTEMA TERMELÉTRICO AGREGADO DO SIN	39
FIGURA 16 – FORMATO PROPOSTO PARA A MODELAGEM DA FUNÇÃO DE CUSTO TÉRMICO.....	44
FIGURA 17 – EQUAÇÃO QUADRÁTICA AJUSTADA A PARTIR DOS PONTOS UNITÁRIOS DE FAVORETO (2005).....	48
FIGURA 18 – MAPA LOCALIZAÇÃO USINAS HIDRELÉTRICAS DO SISTEMA TESTE	56
FIGURA 19 – CASCATA DO SISTEMA HIDROTÉRMICO TESTE.....	57
FIGURA 20 – AJUSTE FUNÇÃO EXPONENCIAL.....	60
FIGURA 21 – AJUSTE FUNÇÃO RACIONAL.....	61
FIGURA 22 –FUNÇÃO DE CUSTO RACIONAL DESMODULARIZADA.....	62
FIGURA 23 – HISTOGRAMA DOS RESULTADOS DE GERAÇÃO TÉRMICA PARA A FUNÇÃO QUADRÁTICA E RACIONAL	64
FIGURA 24 – HISTOGRAMA DOS RESULTADOS DE DÉFICIT PARA A FUNÇÃO QUADRÁTICA E RACIONAL	66

FIGURA 25 – RESULTADO DESPACHO HIDROTÉRMICO DO SISTEMA TESTE, PARA O PERÍODO DE 1949 A 1953 COM A FUNÇÃO DE CUSTO TÉRMICA QUADRÁTICA7.....	68
FIGURA 26 – RESULTADO DESPACHO HIDROTÉRMICO DO SISTEMA TESTE, PARA O PERÍODO DE 1949 A 1953 COM A FUNÇÃO DE CUSTO TÉRMICA RACIONAL.....	69
FIGURA 27 – RESULTADO DESPACHO HIDROTÉRMICO DO SISTEMA TESTE, PARA O PERÍODO DE 1982 A 1986 COM A FUNÇÃO DE CUSTO TÉRMICA QUADRÁTICA.....	71
FIGURA 28 – RESULTADO DESPACHO HIDROTÉRMICO DO SISTEMA TESTE, PARA O PERÍODO DE 1982 A 1986 COM A FUNÇÃO DE CUSTO TÉRMICA RACIONAL.....	72
FIGURA 29 – RESULTADO DESPACHO HIDROTÉRMICO DO SISTEMA TESTE, PARA O PERÍODO DE 2003 A 2007 COM A FUNÇÃO DE CUSTO TÉRMICA QUADRÁTICA.....	75
FIGURA 30 – RESULTADO DESPACHO HIDROTÉRMICO DO SISTEMA TESTE, PARA O PERÍODO DE 2003 A 2007 COM A FUNÇÃO DE CUSTO TÉRMICA RACIONAL.....	76
FIGURA 31 – COMPARAÇÃO TEMPO COMPUTACIONAL COM A UTILIZAÇÃO DA FUNÇÃO QUADRÁTICA E A FUNÇÃO RACIONAL.....	78

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CAPACIDADE INSTALADA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATÉ FEVEREIRO DE 2017.....	18
TABELA 2 – COEFICIENTES TÍPICOS DE CUSTO	37
TABELA 3 – COEFICIENTE a_1 DE ALGUMAS USINAS TÉRMICAS DO SISTEMA SUDESTE BRASILEIRO.....	38
TABELA 4 – VALORES DE ENTRADA DA SIMULAÇÃO PARA USINA TERMELÉTRICA A GÁS.....	45
TABELA 5 – CUSTO VARIÁVEL DE USINA TERMELÉTRICA A GÁS NATURAL, DETERMINADO POR SIMULAÇÃO.....	46
TABELA 6 – VALORES MODULARIZADOS DE GERAÇÃO E CUSTO DA USINA TÉRMICA A GÁS.....	47
TABELA 7 – DADOS DAS USINAS HIDROELÉTRICAS.....	55
TABELA 8 – COEFICIENTES ESTIMADOS DA REGRESSÃO E AVALIADORES DA QUALIDADE DO AJUSTE PARA A FUNÇÃO DE CUSTO MISTA EXPONENCIAL.....	59
TABELA 9 – COEFICIENTES ESTIMADOS DA REGRESSÃO E AVALIADORES DA QUALIDADE DO AJUSTE PARA A FUNÇÃO DE CUSTO RACIONAL	62
TABELA 10 – RESULTADOS DO OTIMIZADOR DE GERAÇÃO TÉRMICA COM A FUNÇÃO QUADRÁTICA E A FUNÇÃO RACIONAL	64
TABELA 11 – RESULTADOS DO OTIMIZADOR DE DÉFICIT COM A FUNÇÃO QUADRÁTICA E A FUNÇÃO RACIONAL	66
TABELA 12 – TEMPO COMPUTACIONAL DAS OTIMIZAÇÕES.....	78
TABELA 13 – COMPARAÇÃO DAS OTIMIZAÇÕES EM RELAÇÃO AO TEMPO DE PROCESSAMENTO	79
TABELA 14 - RESULTADOS DO DESPACHO GERAÇÃO TÉRMICA EM MW/MÊS COM A FUNÇÃO DE CUSTO QUADRÁTICA	93
TABELA 15 - RESULTADOS DO DESPACHO GERAÇÃO TÉRMICA EM MW/MÊS COM A FUNÇÃO DE CUSTO RACIONAL.....	99
TABELA 16 - DÉFICIT ENERGÉTICO EM MW/MÊS FUNÇÃO QUADRÁTICA.....	105
TABELA 17- DÉFICIT ENERGÉTICO EM MW/MÊS FUNÇÃO RACIONAL	111

TABELA 18 – AFLUÊNCIAS PARA O PERÍODO DE PLANEJAMENTO DE 1949 ATÉ 1953	117
TABELA 19 – AFLUÊNCIAS PARA O PERÍODO DE PLANEJAMENTO DE 1982 ATÉ 1986	118
TABELA 20 – AFLUÊNCIAS PARA O PERÍODO DE PLANEJAMENTO DE 2003 ATÉ 2007	119

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CCEAL	Contratos de Compra de Energia no Ambiente Livre
CCEAR	Contratos de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CEPEL	Centro de Pesquisa de Energia Elétrica
CGH	Centrais Geradoras Hidroelétricas
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FCF	Função de Custo Futuro
FCI	Função de Custo Imediato
<i>IEA</i>	<i>International Energy Agency</i>
MAE	Mercado Atacadista de Energia Elétrica
MME	Ministério de Minas e Energia
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico Brasileiro
O&M	Operação e Manutenção
PCH	Pequenas Centrais Hidroelétricas
PDDE	Programação Dinâmica Dual Estocástica
PIE	Produtores Independentes de Energia Elétrica
RE-SEB	Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro
SEB	Sistema Elétrico Brasileiro
SIN	Sistema Interligado Nacional
UHE	Usina Hidroelétrica de Energia

INTRODUÇÃO

A geração de energia elétrica no Brasil é baseada num sistema hidrotérmico, com predominância da geração hidroelétrica que representa 64,7% da potência gerada total, aproximadamente 106.570 MW, complementada por geração de procedência termelétrica representada por 27,1% da potência gerada total, cerca de 42.677 MW, segundo dados da ANEEL (2017). Por se considerar um sistema de grande porte, a operação deve ser executada de forma que ela seja estritamente segura e que os recursos sejam utilizados de maneira eficiente.

A operação de um sistema elétrico de geração tem como objetivo atender o suprimento de energia elétrica através do gerenciamento apropriado dos recursos disponíveis, que garantam a qualidade do serviço com o menor custo possível. No sistema hidrotérmico brasileiro, para operar de forma a minimizar os custos é importante, sempre que possível, priorizar a geração hidroelétrica, a qual possui um valor nulo de combustível, uma vez que a geração termelétrica possui custo elevado de combustível (SOARES, 1987). Esta operação dependerá da energia disponível que é limitada pela capacidade de armazenamento dos reservatórios. Decisões tomadas no presente afetam inevitavelmente a operação futura, uma vez que se for utilizada a energia hidroelétrica no presente (deplecionando os reservatórios) e ocorrer um período de estiagem das fontes hídricas no futuro, necessariamente as termelétricas terão que suprir a demanda de energia (e ainda há risco de não atender totalmente a demanda). Por outro lado, se forem utilizadas as usinas térmicas no presente (mantendo os reservatórios cheios) e um período de altas afluições ocorrer no futuro, o sistema enfrentará uma situação de vertimento dos reservatórios, provocando assim um desperdício de energia e ocasionando um aumento no custo total de operação (CEPEL, 2001).

O planejamento da operação de sistemas hidrotérmicos de grande porte é uma tarefa técnica complexa do ponto de vista matemático devido a aspectos como: a natureza estocástica das vazões afluentes, capacidade limitada dos reservatórios, a interdependência operacional entre usinas hidroelétricas numa mesma cascata, a não linearidade dos custos das termelétricas e funções de geração hidroelétricas (SOARES; CARNEIRO, 1991). Para obter uma solução viável do problema de otimização recomenda-se a simplificação em horizontes de planejamento de curto,

médio e longo prazo; cada simplificação implicará em abordagens diferentes e consequentemente distintas modelagens do problema. Tais modelagens são disponibilizadas pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) responsável pela coordenação e controle da operação das instalações e transmissão de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN), determinando assim o ponto ótimo de operação do sistema com o objetivo de minimizar o valor esperado do custo total de operação, considerando o horizonte de planejamento adotado. O custo total de operação equivale à soma dos custos variáveis de todos os recursos utilizados, ou seja, o custo de geração térmica e o custo de déficit que é associado à parcela da demanda que poderá não ser atendida.

Com base nos parágrafos anteriores é evidente a importância dos custos da geração térmica no contexto do planejamento do despacho hidrotérmico. Apresenta-se neste trabalho uma proposta de modelagem da curva de custo referente às usinas termelétricas a gás para ser utilizada em programas de otimização para o despacho hidrotérmico, que represente de maneira adequada a otimização não linear, o comportamento dos custos de geração em função da geração termelétrica e que considere fatores indiretos ambientais e fatores de partida e desligamento das unidades térmicas, penalizando os despachos de baixa intensidade.

O desenvolvimento do presente trabalho encontra-se organizado em quatro capítulos descritos da seguinte forma: no capítulo 1 apresenta-se uma revisão de literatura e contribuições mais importantes acerca do planejamento do sistema hidrotérmico brasileiro. No capítulo 2 está descrito o método abordado neste trabalho. No capítulo 3 é apresentado o estudo de caso no qual será aplicado o modelo, seguido do capítulo 4 com a realização das simulações no programa de otimização, análise dos resultados e comparativa com a atual modelagem, por último encontram-se os Apêndices 1 e 2 nos quais estão relacionados os resultados das otimizações e o Anexo I com os valores de afluições para cada cenário utilizado no análise. Finalmente apresentam-se as conclusões e recomendações para próximos estudos.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Compor representações matemáticas empíricas da função de custo de geração térmica que sejam adequadas à modelagem individualizada por usinas para modelos de otimização não linear com vistas à operação do despacho hidrotérmico brasileiro.

Objetivos específicos

- Utilizar técnicas de ajuste matemático para obter uma função unitária de custo de geração térmica, que penalize os despachos de baixa potência, devido aos custos ambientais por emissões atmosféricas e os custos reais de operação.
- Verificar que a função de custo seja diferenciável para atender aos requisitos das técnicas de programação não linear clássica, para o problema de planejamento hidrotérmico.
- Avaliar a função de custo no modelo de otimização de despacho hidrotérmico para usinas individualizadas PHOENIX cuja abordagem é não linear, com a simulação de um subsistema teste real.
- Realizar uma análise comparativa com os resultados obtidos na otimização usando abordagens tradicionais com a função proposta e a atual abordagem.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo apresenta-se uma revisão da literatura dos principais aspectos relacionados ao trabalho e composição do Sistema Elétrico Brasileiro. Em seguida, detalham-se os conceitos do sistema hidrotérmico brasileiro e como este é modelado para o problema de planejamento da operação. Por último são apresentados os modelos de otimização empregados no Brasil para a tomada de decisão do despacho energético.

1.1 SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO ATUAL

O Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) é um sistema hidrotérmico de grande porte com predominância de geração de base hidráulica e com múltiplos proprietários. O parque gerador é integrado em praticamente todo o território nacional, formando o SIN - Sistema Interligado Nacional (MARCATO, 2002). Porém na última década esta predominância passou dos patamares de 70% em 2006 para 60% a partir de 2013, com vistas à Figura 1. Uma das principais causas deste declínio deve-se à diminuição na capacidade de regularização dos reservatórios que está influenciada pela redução na capacidade dos reservatórios e ao crescimento na demanda de energia (FIRJAN, 2013). A geração hidroelétrica conta ainda com a complementaridade oferecida pela energia térmica convencional, a carvão, a gás, incluindo a biomassa e energia nuclear.

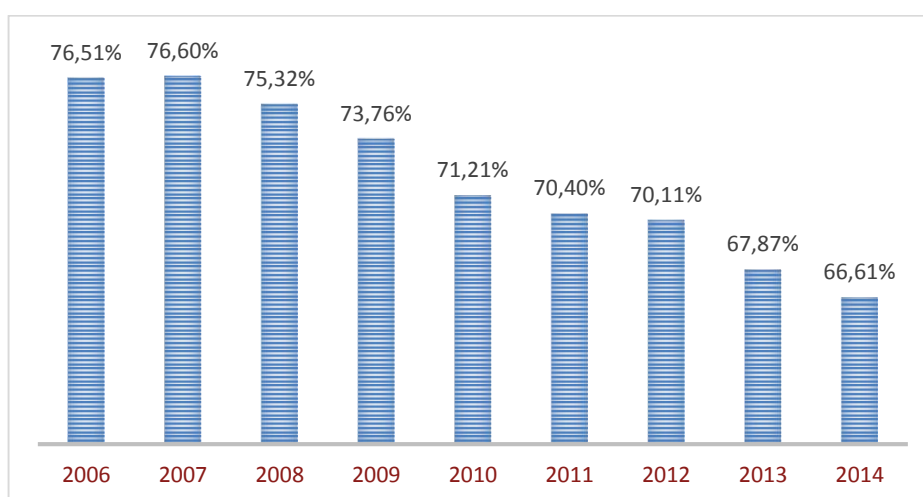


FIGURA 1 – PARCELA DE ENERGIA HIDROELÉTRICA GERADA NO BRASIL
FONTE: Adaptado de EPE, (2011, 2015)

De acordo com a ANEEL (2017), em termos de capacidade instalada para o presente ano, o Brasil possui um total de 4.651 empreendimentos em operação,

totalizando 151.635 MW de potência instalada. Os sistemas hidroelétricos correspondem 1.246 empreendimentos (incluindo centrais geradoras, pequenas centrais hidroelétricas e usinas geradoras) com capacidade instalada de 98.030 MW, ou seja, 65% da capacidade instalada. Por outro lado, o sistema termelétrico corresponde a 2.947 empreendimentos abastecidos por diversas fontes (gás natural, biomassa, óleo diesel, óleo combustível e usinas nucleares) com capacidade instalada de 43.113 MW, ou seja, 28,43% do total. Uma análise destes dados ratifica o predomínio da produção da energia hidroelétrica comparado com outras fontes de produção.

TABELA 1 – CAPACIDADE INSTALADA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATÉ FEVEREIRO DE 2017

Tipo	Quantidade	Potência (kW)	%
Usinas Hidroelétricas (> 30 MW)	219	92.605.229	61,07
Pequenas Centrais Hidroelétricas (3 a 30 MW)	438	4.945.659	3,25
Centrais Geradoras Hidroelétricas (até 3 MW)	589	490.571	0,32
Usinas Termelétricas	2.945	42.784.598	27,12
Usinas Termonucleares	2	1.990.000	1,31
Usinas Eólicas	416	10.468.142	6,9
Usinas Solares	42	27.008	0,02
SUBTOTAL	4.651	151.634.612	100

FONTE: ANEEL (2017)

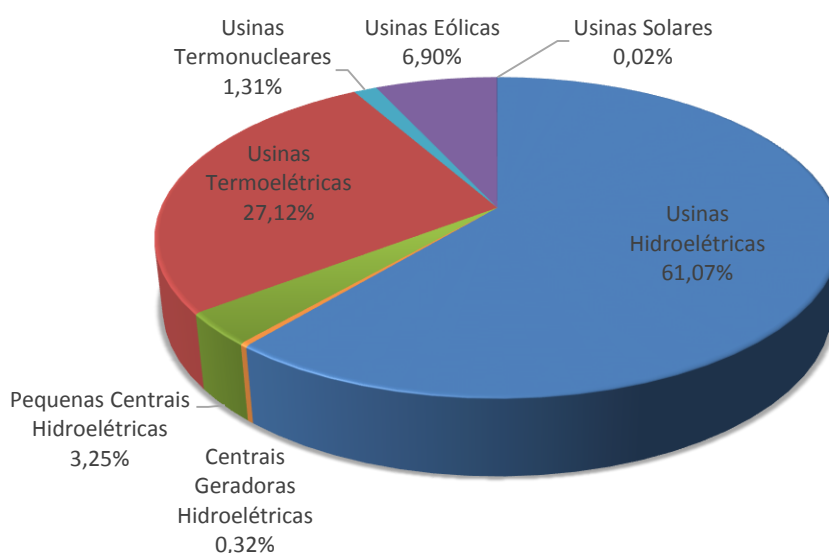


FIGURA 2 – CAPACIDADE INSTALADA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATÉ FEVEREIRO DE 2017

FONTE: (ANEEL, 2017)

Nos últimos anos, a capacidade instalada de geração do parque energético brasileiro experimentou um acréscimo significativo. Segundo dados da ANEEL (2017), a expansão do sistema hidroelétrico atual inclui 36 empreendimentos em construção com capacidade outorgada de 2.307 MW e 164 empreendimentos a construir com capacidade outorgada de 2.422 MW, em um total de 4.729 MW de potência. Em contrapartida, o sistema termelétrico envolve 26 empreendimentos em construção com capacidade outorgada de 1.375 MW e 142 empreendimentos a construir com capacidade outorgada de 6.615 MW, em um total de 7.990 MW de potência. Estes dados de potência prevista, aproximadamente duas vezes mais potência de origem térmica que hidroelétrica, devem-se principalmente aos avanços da tecnologia que diminuíram o tempo de implantação das usinas térmicas, à disponibilidade de combustíveis, possibilidade de implantação próxima aos centros consumidores, e fatores ambientais (escassez dos locais propícios à aproveitamentos hidráulicos) que condicionam a implantação de usinas hidroelétricas, mesmo esta tendo custo baixo de operação por não conter gastos com combustível.

O SEB sofreu diversas modificações ao longo de sua história. Com a crise do Setor Elétrico, na década de 70, e o esgotamento dos recursos estatais para a expansão do setor, o governo optou por uma reestruturação do setor elétrico, a partir do projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro, denominado RE-SEB, desenvolvido a partir do ano 1996, no qual o Ministério de Minas e Energia – MME adequou as regras institucionais e operacionais que culminaram no atual modelo do setor.

De acordo com CCEE (2010) as principais características do projeto RE-SEB, foram:

- A desverticalização da geração, transmissão, distribuição e comercialização;
- A transformação dos segmentos de geração e comercialização em atividades competitivas, com preços contratados definidos pelo mercado;
- O livre acesso dos geradores e comercializadores às redes de transmissão e distribuição, mantidas como monopólios naturais;
- A criação, de acordo com as Leis nº 9.427/96 e nº 9.648/98, os Decretos nº 2.335/97 e nº 2.655/98 e a Resolução ANEEL nº 351/98, de um órgão regulador (Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL), de um operador

para o sistema elétrico nacional (Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS) e de um ambiente para a realização das transações de compra e venda de energia elétrica (Mercado Atacadista de Energia Elétrica – MAE), hoje denominado Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).

Apesar das reformas, o modelo não garantiu a suficiente expansão da oferta de energia e falta de planejamento efetivo, o que levou o país a um racionamento de energia em 2001. Foi quando em 2004 foi introduzido o novo e atual modelo do setor elétrico, mediante a promulgação das Leis nº 10.847 e nº 10.848, de 15 de março de 2004, tendo como principais objetivos:

- Criar um marco regulatório estável;
- Promover a modicidade tarifária;
- Garantir a segurança do suprimento;
- Promover a inserção social no Setor Elétrico, em particular pelos programas de universalização de atendimento;
- Garantir a construção eficiente de novos empreendimentos.

Com a reforma surgiu a inclusão de novas instituições e atribuições, e algumas instituições existentes tiveram atribuições redefinidas. As instituições criadas foram: Empresa de Pesquisa Energética – EPE, que assumiu o planejamento do setor no longo prazo; o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico – CMSE, responsável por avaliar permanentemente a segurança do suprimento de energia elétrica do país; e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE, que sucedeu ao MAE, com a função de viabilizar as atividades de comercialização de energia no país, respeitando as regras em cada área do setor (ONS, 2016). Além dos agentes citados, existem os agentes geradores, classificados em: Concessionárias de Serviços Públicos de Geração responsáveis pela exploração e prestação de serviços de energia elétrica, os Produtores Independentes – PIE, pessoas jurídicas produtoras de energia elétrica que estão sujeitas às regras de comercialização do mercado, e os Autoprodutores, empresas que produzem energia elétrica para uso exclusivo, podendo, eventualmente, comercializar parte da energia excedente mediante autorização da ANEEL. No segmento de transmissão estão as empresas responsáveis pelo transporte de energia entre eles encontra-se, por exemplo, a Eletrobrás. Na distribuição estão os agentes responsáveis em atender a demanda de

energia dos consumidores aplicando tarifas e condições reguladas pelo governo. Por último no segmento da comercialização encontram-se as comercializadoras, clientes livres, importadores e exportadores no qual os preços e as condições de compra e venda de energia são livremente negociadas entre as partes (CUBEROS, 2008). A estrutura organizacional do setor elétrico brasileiro apresenta-se na Figura 3 a seguir:

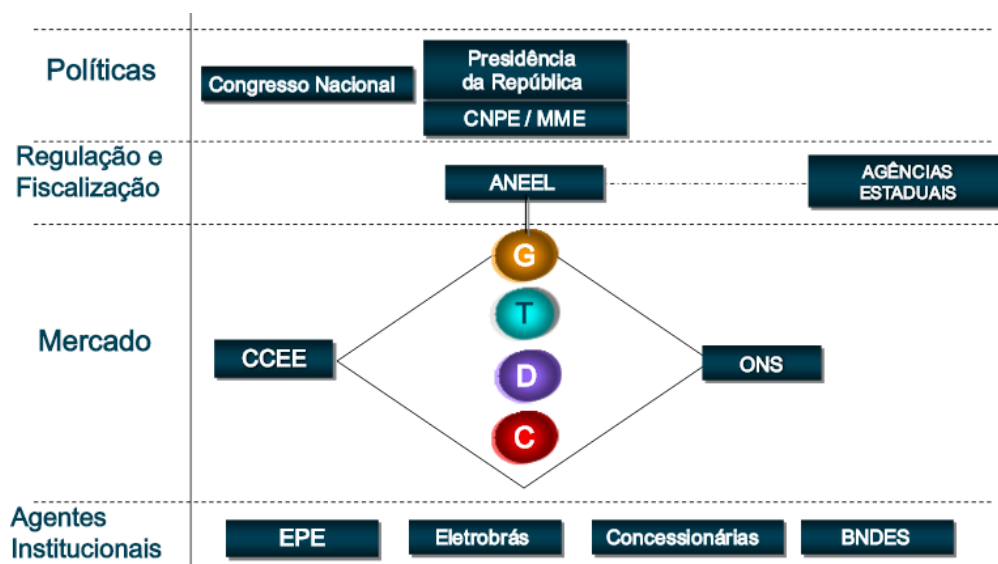


FIGURA 3 – ESTRUTURA INSTITUCIONAL DO SETOR ELÉTRICO
FONTE: (ANEEL, 2008)

Conforme a CCEE o modelo vigente do setor elétrico determina a comercialização de energia elétrica em dois ambientes para celebração de contratos de compra e venda de energia: (i) Ambiente de Contratação Regulada (ACR), do qual participam agentes de geração, de comercialização e de distribuição de energia elétrica, a compra e venda de energia elétrica se dá através de leilões de energia regulados pela ANEEL e intermediados pela CCEE. A contratação é formalizada por meio de Contratos de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado (CCEAR) entre o agente vendedor que vencer o leilão e o agente distribuidor que declarou necessidade de compra de energia para uma determinada data futura. (ii) Ambiente de Contratação Livre (ACL), do qual participam agentes de geração, comercialização, importadores e exportadores de energia, e consumidores livres, têm alvedrio para negociar a compra de energia, estipulando volumes, preços e prazos de suprimento, os acordos de compra e venda de energia pactuados através de Contratos de Compra de Energia no Ambiente Livre (CCEAL) registrados na CCEE.

O SIN é responsável pelo atendimento de aproximadamente 98% do mercado brasileiro de energia elétrica e encontra-se dividido em quatro subsistemas: Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Existem ainda sistemas isolados que não fazem parte do SIN (localizados principalmente na região amazônica) que representam cerca de 2% da capacidade de produção de eletricidade e que são majoritariamente abastecidos por centrais geradoras a óleo diesel, em muitos casos localizadas em regiões de difícil acesso. Esses sistemas isolados abastecem cerca de 3% da população nacional, localizada em uma área que corresponde a mais de 40% do território brasileiro (ABRADEE, 2016).

Cada subsistema do SIN equivale a um submercado composto pelas regiões brasileiras, as quais realizam intercâmbios de energia entre si, formando um complexo sistema de usinas geradoras e linhas de transmissão. Considerando que cada região possui um regime hidrológico diferente e que a capacidade de geração hidroelétrica depende das afluências aos reservatórios (LEITE *et al.*, 2006), a interconexão das usinas hidroelétricas através do SIN permite um equilíbrio e otimização dos estoques armazenados nos reservatórios, pois regiões com condições hidrológicas favoráveis suprem eventuais deficiências de geração em regiões que apresentam escassez de chuvas.

A operação do SIN é centralizada, baseia-se na interdependência operativa entre as usinas, na interconexão dos sistemas elétricos e na integração dos recursos de geração e transmissão para atendimento da demanda. A interdependência operativa é ocasionada pelo aproveitamento conjunto dos recursos hidroelétricos, por meio da construção e da operação de usinas e reservatórios localizados em várias bacias hidrográficas. Um exemplo são as usinas onde os reservatórios estão em sequência ao longo de diversas bacias hidrográficas, em que a operação de uma determinada usina depende das vazões liberadas a montante por outras usinas e simultaneamente influencia na operação das usinas a jusante (TAKIGAWA, 2006). Na Figura 4 pode-se visualizar a configuração do SIN no território nacional.

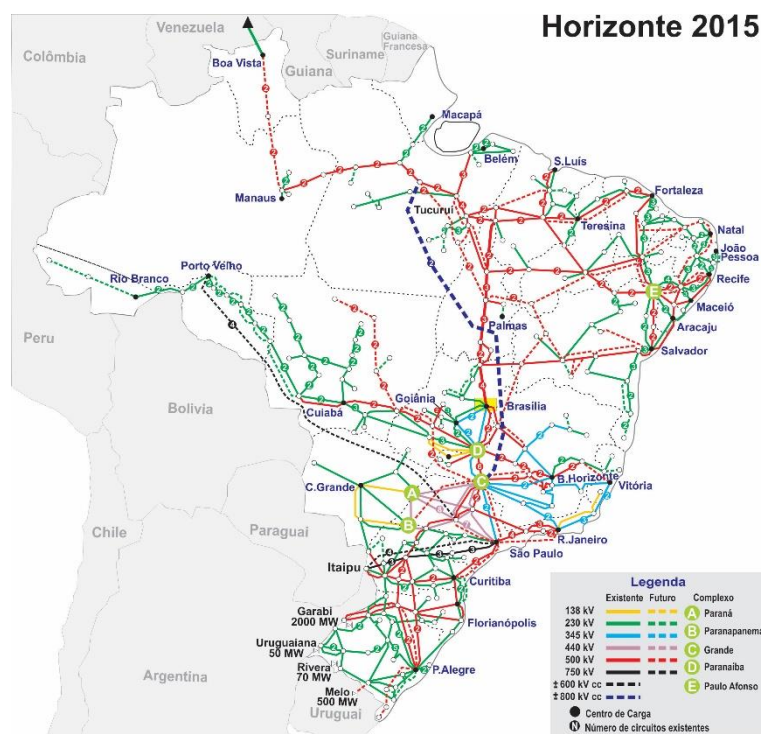


FIGURA 4 – MAPA DO SIN – SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL
FONTE: ONS (2015)

Um dos fundamentos da operação centralizada é a minimização dos custos futuros associados à eventual falta de energia. Uma das estratégias é a complementaridade pelas usinas termelétricas no sistema que não dependem de regimes sazonais, ou seja, operar uma usina termelétrica no presente provocará uma economia de água no futuro, que em um cenário de escassez, pode resultar em menores riscos de déficit para o setor.

1.2 SISTEMA HIDROTÉRMICO

Um sistema hidrotérmico (Figura 5) pode ser dividido em três partes: geração, transmissão e distribuição. A geração incorpora as unidades responsáveis pela produção de energia elétrica que pode ser hidroelétrica, procedente do aproveitamento de energia de quedas hidráulicas, ou termelétricas, procedente da queima de combustíveis diversos como carvão, óleo, gás e urânio (fissão). A transmissão de energia abrange os meios físicos de transporte (linhas de transmissão e distribuição) que conduzem a energia das fontes geradoras até os mercados consumidores. O consumo considera as demandas de carga (equipamentos e consumidores) que recebem e utilizam esta energia (CICOGNA, 1999).

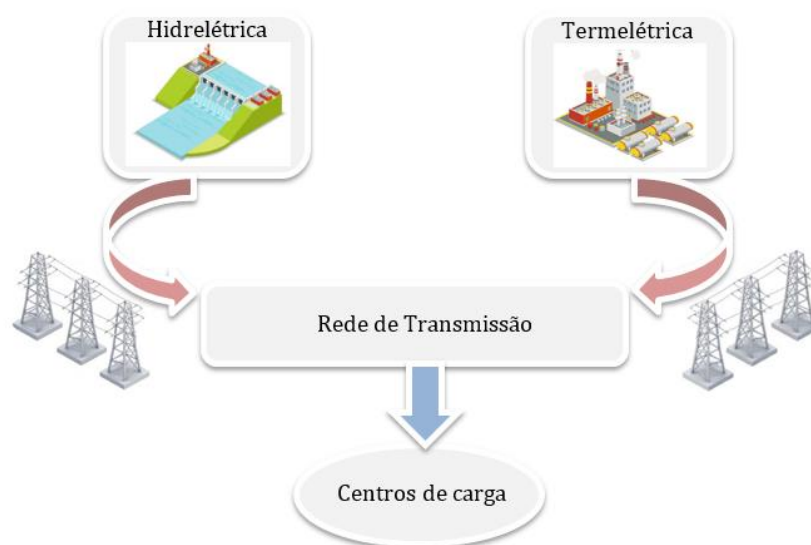


FIGURA 5 – ESTRUTURA BÁSICA DE UM SISTEMA HIDROTÉRMICO
 FONTE: AUTOR (2016)

Nas seções 1.2.2 e 1.2.3, são apresentadas as principais características e conceitos relacionados às usinas hidroelétricas e termelétricas, assim como as variáveis e relações matemáticas que regem seu comportamento.

1.2.1 Planejamento da Operação do Sistema Hidrotérmico Brasileiro

A produção de eletricidade, por ser um processo de atendimento a uma demanda gerada pela sociedade, requer, em suas etapas de planejamento da operação, um contínuo esforço da previsão do consumo de energia, para que esta seja atendida de forma segura e eficiente, ao menor custo e com o menor risco possível (FORTUNATO *et al.*, 1990). Deste modo, a diminuição do custo de geração implica na substituição de energia térmica por hidroelétrica.

Em um sistema hidrotérmico, predominantemente hidroelétrico, como o brasileiro, as decisões de operação dos reservatórios aplicadas no presente influenciam diretamente no custo total e na estratégia a ser tomada no futuro. Isto é, se no presente for utilizada a água dos reservatórios, e caso ocorra uma seca no futuro, será necessária a utilização de energia térmica para suprir a demanda com risco de déficit. Em contrapartida, se for utilizada energia térmica preservando o nível dos reservatórios e acontecer no futuro um período de elevadas afluições, poderão ocorrer vertimento no sistema, implicando um desperdício de energia e consequentemente um aumento no custo operativo (SILVA, 2001), como se observa na Figura 6:

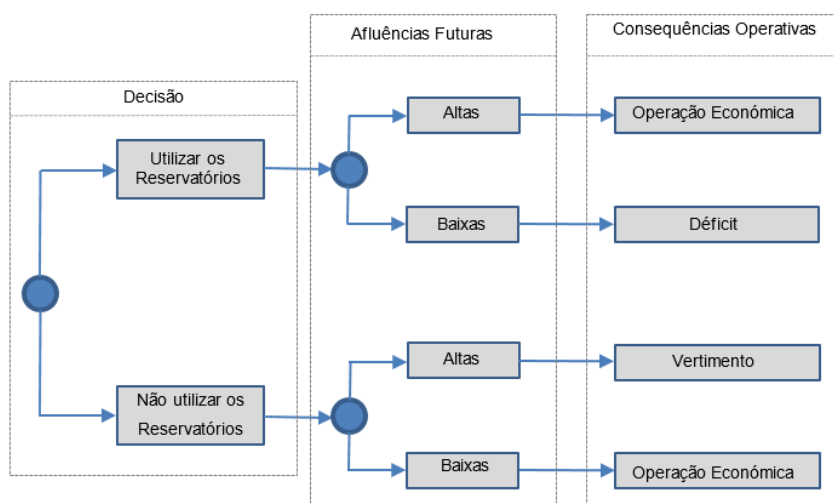


FIGURA 6 – PROCESSO DE DECISÃO PARA UM SISTEMA HIDROTÉRMICO
FONTE: MARCATO (2002)

Conforme definido por SILVA (2001) na tomada de decisão da operação do sistema hidrotérmico deve-se comparar o benefício imediato do uso da água e o benefício futuro de seu armazenamento, podendo ser representado através das funções de custo imediato – FCI e custo futuro – FCF que dependerão do volume armazenado num determinado estágio. Com isto a soma das duas parcelas representará o custo total no horizonte de planejamento conforme a Equação (1). No ponto onde ocorre o mínimo custo total, a soma das derivadas da FCI e FCF é igual a zero. Neste ponto evidencia-se o valor da água, que por mais que seja considerado nulo existe um valor indireto associado ao seu uso ou a sua estocagem para ser usada no futuro (Figura 7)

$$\min CUSTO = \min(FCI + FCF) \quad (1)$$

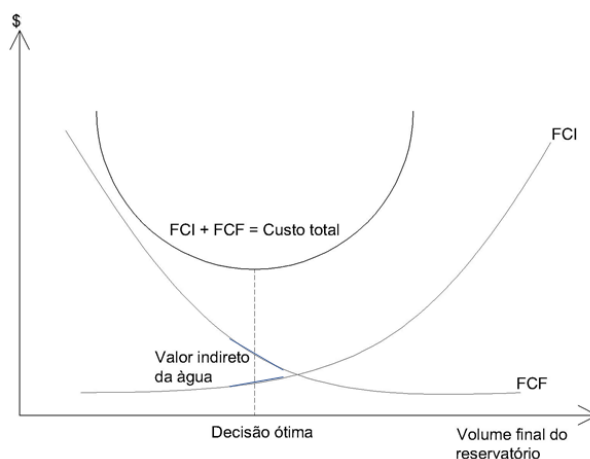


FIGURA 7 – USO ÓTIMO DA ÁGUA EM SISTEMAS HIDROTÉRMICOS
FONTE: (DOMINGUES; SIMÕES, 2011)

Em virtude da complexidade do problema de planejamento energético onde envolvem-se variáveis hidrológicas de natureza estocástica, intercâmbios de energia, características e restrições das unidades geradoras; necessita-se descompor o problema em horizontes de planejamento que permitam a modelagem da estratégia de operação que minimize o valor esperado do custo operativo para a análise das decisões e futuros impactos. A cadeia de modelos de otimização para o planejamento brasileiro disponibilizados pelo ONS e desenvolvidos pelo Centro de Pesquisa de Energia Elétrica – CEPEL, contemplam diferentes horizontes de estudo e são baseados na Programação Dinâmica Dual Estocástica – PDDE (PEREIRA; PINTO, 1985). Esses modelos estão divididos em quatro etapas: médio/longo prazo (cinco a dez anos), realizado pelo modelo NEWAVE; curto prazo (um a cinco anos), realizado pelo modelo DECOMP; curtíssimo prazo (até 14 dias), realizado pelo modelo DESSEM; e programação diária (um dia) realizada pelo modelo PREDESP.

A Figura 8 mostra o encadeamento das três primeiras etapas. Em seguida é feita uma breve descrição de cada um dos modelos computacionais que compõem o SEB:

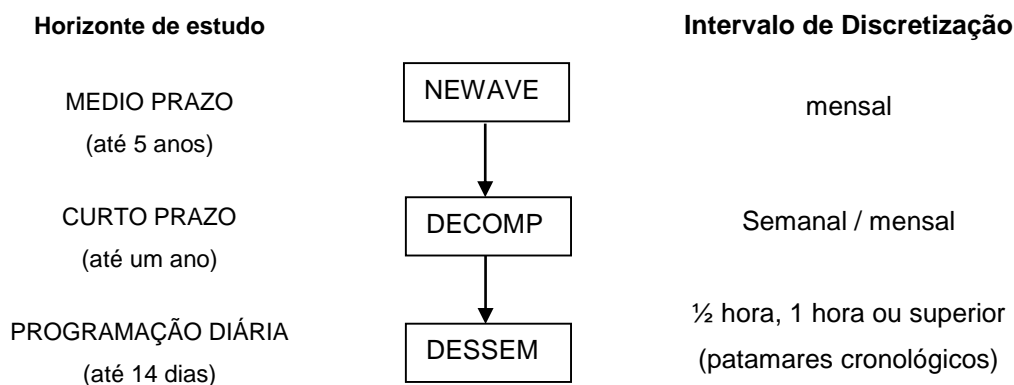


FIGURA 8 – CADEIA DE MODELOS DESENVOLVIDOS PELO CEPEL PARA O PLANEJAMENTO
PROGRAMAÇÃO DA OPERAÇÃO DO SIN
FONTE: (CEPEL, 2003)

O modelo NEWAVE baseia-se na técnica de Decomposição de Benders e na Programação Dinâmica Dual Estocástica (PDDE), nas quais são representados os diversos reservatórios agregados em um reservatório equivalente de energia, simulando, os subsistemas Sudeste, Sul, Nordeste e Norte. O desenvolvimento do modelo compõe-se de quatro módulos:

- Cálculo do sistema equivalente com agregação dos reservatórios de água de cada subsistema em um único reservatório de energia e transformação das vazões afluentes em energia;
- Geração de séries sintéticas de energias afluentes, utilizando o modelo auto-regressivo mensal periódico de ordem variável (PAR(p));
- Cálculo das estratégias de operação por meio de um processo iterativo que consiste em uma recursão inversa no tempo e uma simulação de operação, com várias series sintéticas. As estratégias são fornecidas pela função de custo futuro;
- Simulação da estratégia de operação previamente determinada utilizando series históricas ou sintéticas.

Os principais dados de entrada do modelo são os dados gerais dos subsistemas como: configuração da hidroelétrica, modelagem matemática das usinas hidroelétricas, configuração térmica, modelagem matemática das usinas térmicas, expansão hidrotérmica, patamares de carga, perdas de transmissão, pequenas usinas, vazões afluentes, funções de custo futuro, entre outros.

Como principais resultados, o modelo NEWAVE permite avaliar as condições de atendimento energético, produzir as funções de custo futuro a serem utilizadas no modelo de planejamento de curto prazo (DECOMP), estimar os custos marginais de operação mensais para cada patamar de carga, (que serão utilizados para o cálculo dos preços da CCEE), calcular o risco de déficit, e valores de energia não suprida (CEPEL, 2002).

O modelo DECOMP determina a estratégia de operação de curto prazo, com o objetivo de definir as metas individuais de geração das usinas hidráulicas e térmicas do sistema (CEPEL, 2001). O modelo representa as restrições físicas e operativas associadas ao problema (conservação da água, limites de turbinamento, defluência mínima, armazenamento, atendimento à demanda, etc.). O algoritmo de solução é obtido por programação dinâmica dual estocástica, sendo o armazenamento dos reservatórios a variável de estado. As principais características são: representação individualizada das usinas hidroelétricas, integração com os modelos de longo prazo e programação da operação (NEWAVE e DESSEM) através da função de custo futuro, representação da variação não-linear das alturas de queda das usinas hidroelétricas,

tempo de viagem da água e patamares de carga (DUARTE, 2012). Os principais resultados obtidos são: balanço hidráulico, balanço de geração, consumo das unidades elevatórias, e custos marginais de operação semanais e mensais por patamar de carga.

A estocasticidade das vazões é introduzida no modelo através da construção de cenários de vazões mensais afluentes às usinas do sistema. Estes cenários podem ser representados através de uma árvore de afluências, com probabilidade de ocorrência associadas a cada ramo. A previsão de vazão afluente aos reservatórios usado no primeiro mês é obtida pelo modelo de previsão PREVIVAZ, enquanto que para os próximos meses do horizonte; são gerados cenários de vazões pelo modelo GEVAZP, partindo da média dos valores semanais previstos.

Por último o modelo DESSEM, desenvolvido para a programação diária do despacho hidrotérmico. Tem como objetivo definir as metas de geração hidroelétrica ou termelétrica, por usina, que minimizem o custo total de operação do sistema, composto por uma parcela de custo presente, ao longo do horizonte de estudo (geração térmica, contratos de energia com sistemas externos, déficit no atendimento) e outra de custo futuro, cuja função é fornecida pelo modelo DECOMP e representa o valor esperado dos custos de geração térmica e déficit de energia no futuro (CEPEL, 2003). Utiliza a decomposição de *Benders* como método de otimização, é determinístico com previsão para até duas semanas e contempla limites de transmissão entre submercados.

1.2.2 Usinas Hidroelétricas

Uma usina hidroelétrica é composta basicamente por uma barragem formadora do reservatório, que represa um curso de água, condutos forçados que levam a água do reservatório até a casa de força, onde estão instalados os grupos turbina-gerador, um canal de fuga, para onde a água é restituída ao seu curso natural após turbinada e o vertedouro, por onde há liberação da água excedente diretamente, sem passar pelas turbinas. Uma usina pode ser classificada de acordo a seu tipo de reservatório, em (SILVA, 2003):

- De acumulação: possui um reservatório de tamanho suficiente para acumular água na época de cheias para uso na época de estiagem, dispondo assim de uma vazão firme maior que a vazão mínima natural.
- A fio d'água: dispõe de uma capacidade de armazenamento muito pequena e só pode utilizar água à medida que esta chega até ela. Algumas usinas desse tipo dispõem de suficiente capacidade de armazenamento (represamento) para possibilitar a acumulação da água durante os horários de carga reduzida, a fim de utilizá-la quando a usina estiver operando em horário de carga elevada.
- Com armazenamento por bombeamento ou reversíveis: são utilizadas em lugares onde a quantidade de água disponível para a geração de energia é inadequada. Consiste no bombeamento de água desde um reservatório inferior para um reservatório superior durante períodos de pequena carga utilizando energia extra de outra fonte geradora do sistema, utilizando esta água armazenada para movimentar as turbinas hidráulicas na geração de eletricidade nas horas de demanda máxima (CANALES *et al.*, 2015). Esse tipo de usina é usualmente empregado em sistemas com predominância termelétrica.

As usinas hidroelétricas também podem ser classificadas de acordo com a potência instalada, determinando-se se a usina é de grande ou médio porte ou uma pequena central hidroelétrica. A classificação de acordo com a legislação vigente brasileira (BRASIL, 2015):

- Centrais Geradoras Hidroelétricas – CGH (com até 3 MW de potência instalada);
- Pequenas Centrais Hidroelétricas – PCH (entre, 3 MW e 30 MW de potência) (BRASIL. ANEEL, 2015);
- Usina Hidroelétrica de Energia – UHE (com mais de 30 MW).

Finardi (1999), Cicogna (1999) e Rodrigues (2003) definem o processo de geração de energia em usinas hidroelétricas como a transformação da energia potencial gravitacional, da água armazenada no reservatório, em energia elétrica, por meio das unidades geradoras. A água do reservatório é captada de uma certa cota a montante, conduzida através de condutos forçados para movimentar a turbina que transforma a energia potencial em energia mecânica ligando o gerador conectado ao eixo da mesma, que por sua vez faz com que o gerador entregue energia elétrica em

seus terminais. Depois é descarregada numa cota inferior (jusante) como mostra a Figura 9:

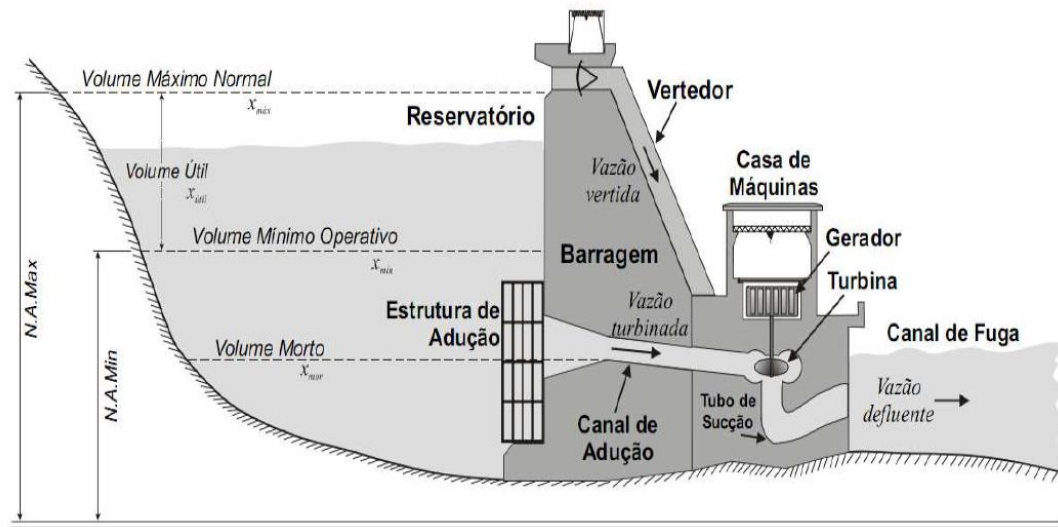


FIGURA 9 – ESQUEMA DE USINA HIDROELÉTRICA
FONTE: (SILVA, 2003)

A modelagem matemática que descreve o processo de geração de energia considerando uma única usina hidroelétrica, é descrito a seguir (DINIZ *et al.*, 2007):

$$P = 9,81 \times 10^{-3} \eta_t \eta_g q h \quad (2)$$

Onde:

P é a potência produzida pela usina em (MW);

η_t é a eficiência da turbina;

η_g é a eficiência do gerador;

q é a vazão turbinada em (m³/s);

h é a altura de queda líquida no reservatório em (m).

O fator numérico leva em conta a aceleração da gravidade e a densidade da água.

Pode-se observar na equação (2) que a função de produção depende das variáveis vazão turbinada (q), as eficiências da turbina (η_t) e gerador (η_g), e a altura de queda líquida no reservatório (h), as quais são descritas a seguir.

A altura de queda líquida é definida como a diferença entre a altura de queda bruta e a perda hidráulica, representada pela seguinte equação:

$$h = h_b - h_p \quad (3)$$

Onde:

h é a altura de queda líquida em (m);

h_b é a altura de queda bruta em (m), corresponde à diferença entre o nível a montante do reservatório, e o nível a jusante do canal de fuga da usina.

h_p é a perda hidráulica em (m);

A perda hidráulica h_p define-se como a redução da energia potencial devido ao atrito da água ao escoar através de um conduto forçado, grades, entrada adutora, válvulas, reduções de diâmetro, curvas, entre outros. Usando a equação de Darcy - Weisbach a perda é representada como uma função do tipo quadrática:

$$h_p = kq^2 \quad (4)$$

Onde:

k é a constante característica do sistema de adução em (s²m⁻⁵);

q é a vazão turbinada em (m³/s).

A vazão turbinada (q) é uma das variáveis que determinam a potência de uma unidade hidroelétrica juntamente com a altura de queda, como se mostra nas equações (3) e (4), também relaciona e estabelece restrições ao rendimento do conjunto turbina-gerador.

O rendimento da turbina conforme Gullivert e Ardnt (1991 apud ARISTIZABAL, 2012, p. 40) representa a eficácia com que é transferida a potência disponível na água que flui através de uma turbina para o eixo do rotor. A eficiência pode ser representada através de diagramas de rendimento denominados curvas colina (em inglês, *Hill Diagrams*). Esses diagramas relacionam a eficiência e a potência do gerador com as diversas combinações de vazão turbinada e queda líquida dos regimes de operação. Sua construção é uma tarefa complexa e usualmente são obtidas através de ensaios em modelo reduzidos (MOSONYI, 1960).

A Figura 10 mostra um exemplo de uma curva colina de uma turbina, na qual para uma determinada vazão e uma determinada queda líquida as curvas de nível fornecem valores de rendimento e as curvas tracejadas a potência fornecida pelo gerador.

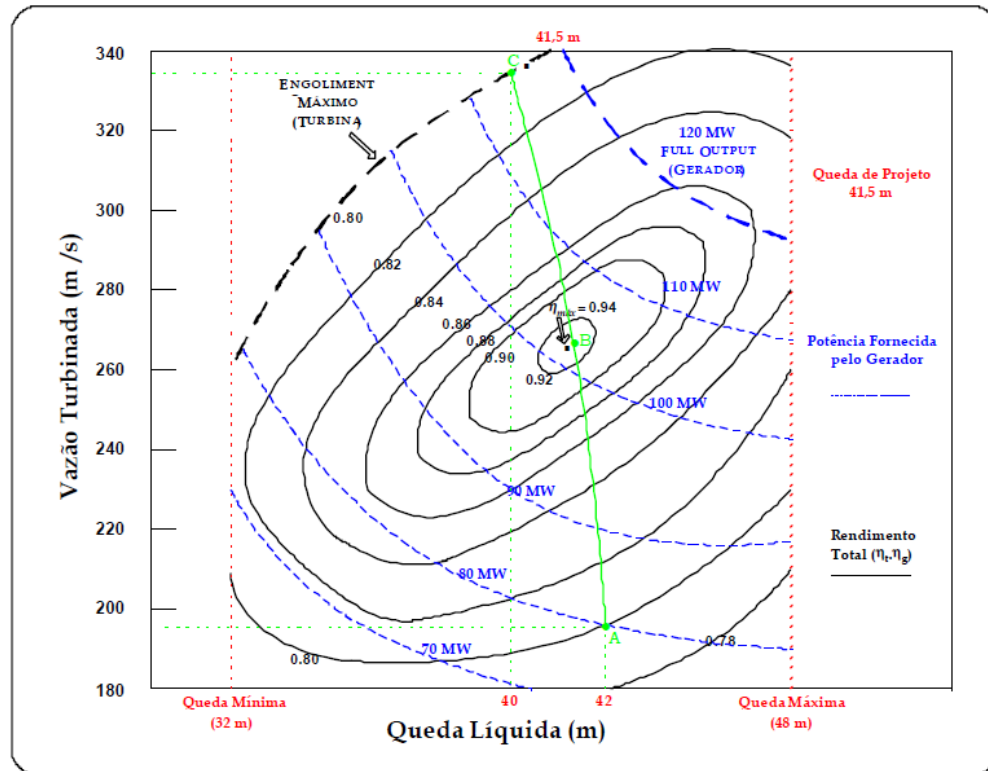


FIGURA 10 – CURVA COLINA DE UMA TURBINA HIDRÁULICA
FONTE: (FINARDI; SILVA, 2005)

Por último o rendimento do gerador é definido pela relação entre a potência útil disponível nos terminais do gerador e a potência mecânica entregue pelo eixo da turbina.

A expressão para a geração de energia hidráulica para várias unidades, é dada pela soma das gerações de cada unidade gh_i que dependem da vazão turbinada de cada unidade q_i , o volume do reservatório V , a vazão turbinada de toda a planta Q e a vazão vertida S , conforme:

$$GH = \sum_{i=1}^{nk} gh_i(q_i, V, Q, S) \quad (5)$$

Salienta-se que na maioria dos trabalhos não são considerados os efeitos de vertimento ou vazão vertida (DINIZ; MACEIRA, 2008) que é a água que passa pelos vertedouros e não gera energia; isto deve-se às simplificações no tratamento do problema buscando, dessa forma, o equilíbrio entre uma representação apropriada do sistema para diferentes períodos de estudo e a eficiência computacional. Entretanto é

importante considerar a vazão vertida pois esta influi no nível da cota jusante produzindo uma redução na altura de queda bruta fazendo que o valor da potência gerada pela usina seja alterado.

1.2.3 Usinas Termelétricas

O processo básico de funcionamento de uma usina termelétrica consiste na produção de energia elétrica a partir do calor gerado pela queima de combustíveis. O processo resume-se em um ciclo de três etapas: no primeiro momento realiza-se a queima de um combustível gerando calor para transformar a água ou outro líquido em vapor no interior de uma caldeira. Na sequência direciona-se este vapor para uma turbina que através da alta pressão e temperatura do vapor gera força motriz em um eixo acoplado a um gerador. Por último o vapor que sai da turbina é condensado, retornando ao estado líquido, e direcionado novamente para caldeira completando assim o ciclo. Ou seja, o ciclo de energia resume-se na energia térmica da queima do combustível a qual é transformada em energia mecânica no eixo da turbina e gerador, e esta é transformada em energia elétrica por indução no gerador. As figuras 11 e 12 apresentam as partes e o funcionamento básico de uma usina termelétrica.

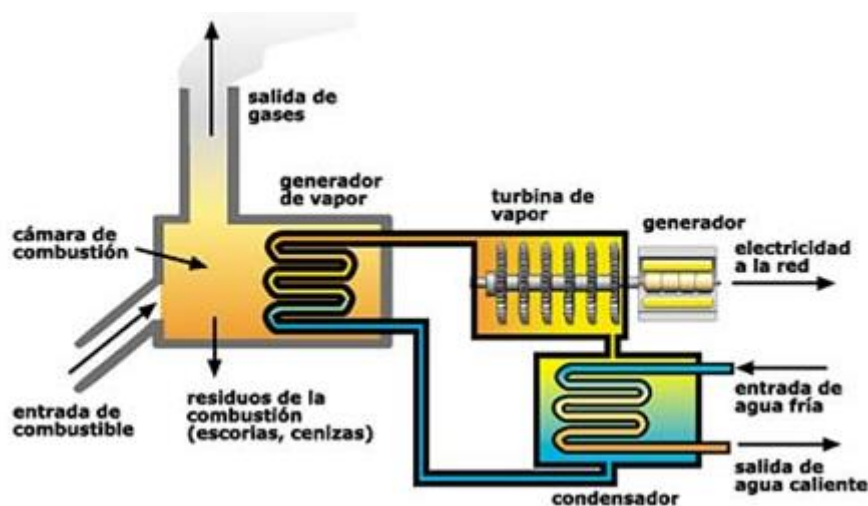


FIGURA 11 – PARTES DE UMA USINA TÉRMICA

FONTE: CENTRALES DE ENERGIA.

DISPONÍVEL EM: <[HTTP://CENTRALESE.BLOGSPOT.COM.BR/2009/02/EN-OBRAS.HTM](http://centrales.blogspot.com.br/2009/02/en-obras.htm)>

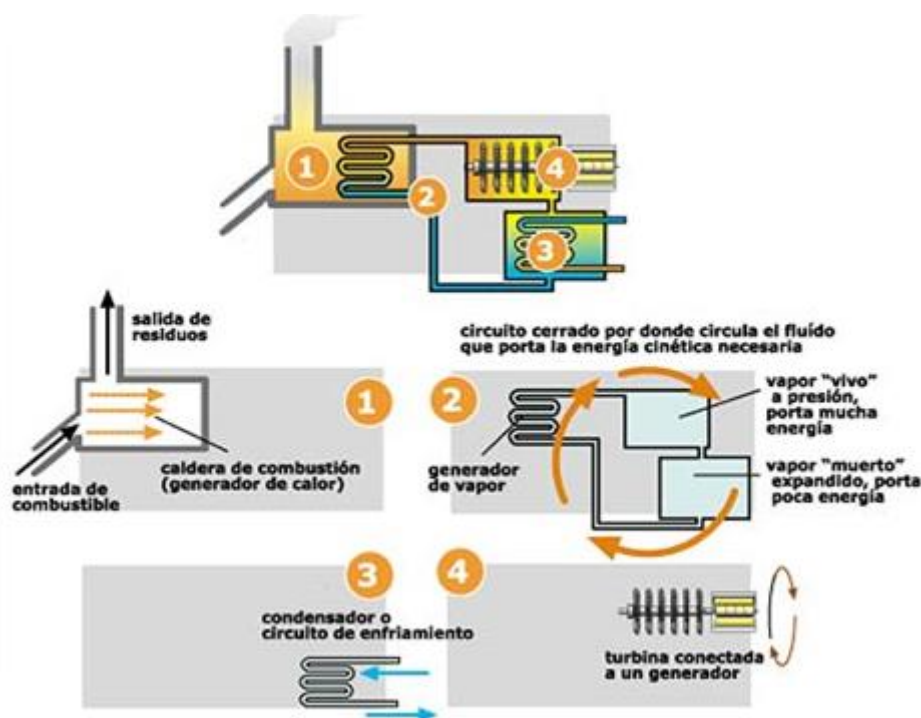


FIGURA 12 – FUNCIONAMENTO DE UMA USINA TÉRMICA

FONTE: CENTRALES DE ENERGIA.

DISPONÍVEL EM: <[HTTP://CENTRALESE.BLOGSPOT.COM.BR/2009/02/EN-OBRAS](http://centralese.blogspot.com.br/2009/02/en-obras)>

Cabe ressaltar que a eficiência de conversão de usinas térmicas é menor (30% a 80%) comparada com as usinas hidroelétricas (acima de 90%), mesmo assim é a primeira fonte de produção de energia no mundo ocupando aproximadamente 69% (IEA, 2016) e a segunda no Brasil com 29% (MME, 2014) da produção total.

As unidades termelétricas podem ser divididas em dois grandes grupos: convencionais, as quais utilizam combustíveis fósseis, tais como carvão, óleo combustível e gás natural; e as nucleares, que usam materiais físséis, como o urânio e o plutônio, os quais liberam energia calorífica por meio da fissão nuclear.

Dentro do grupo das usinas convencionais encontram-se as centrais com turbinas a vapor, a gás e usinas com ciclo combinado.

- Centrais com turbinas a vapor: o princípio de funcionamento consiste na transformação da energia do vapor proveniente de uma caldeira em trabalho mecânico, essa transformação é realizada em duas etapas. Inicialmente o vapor é obrigado a escoar através de pequenos orifícios denominados expansores, nos quais devido à pequena área de entrada aumenta a velocidade do escoamento causando aumento de sua energia cinética, à medida que circula através dos

expansores ocorre uma diminuição na temperatura e pressão de vapor. Na segunda etapa a energia cinética obtida no expansor é convertida em trabalho, fazendo com que forças consideráveis, devidas à variação de velocidade, atuem sobre as pás do rotor, resultando em um momento rotor que faz girar um eixo, para o acionamento do gerador elétrico que converterá a energia mecânica em energia elétrica (BLOCH; SINGH, 2009).

- Centrais com turbinas a gás: extraem energia a partir do fluxo de um gás de combustão, geralmente o gás e ar ou produtos da combustão do combustível e o ar, o qual passa por um compressor elevando a pressão deste, após entra numa câmara de combustão onde a energia é liberada quando o ar misturado com o combustível são queimados. Como consequência da combustão a pressão constante a temperatura do ar é aumentada. Depois de deixar a câmara de combustão os gases resultantes da alta temperatura são conduzidos sobre as pás da turbina, fazendo que esta gire. Finalmente os gases que passam através das pás adicionais geram mais impulso pela aceleração dos gases de escape por expansão voltando até a pressão atmosférica, deste modo realiza trabalho útil. A energia é extraída sob a forma de potência no eixo acionando o gerador. As turbinas a gás são ideais para a produção de eletricidade em períodos de pico de demanda de energia elétrica, uma vez que pode ser iniciado e interrompido, de forma rápida permitindo que sejam postos em serviço. São necessárias para atender picos de demanda de energia (SARKAR, 2015).
- Centrais de ciclos combinados: tecnologia de transformação da energia térmica do combustível em eletricidade mediante dois ciclos termodinâmicos: o correspondente a uma turbina de gás, mediante a combustão (ciclo Brayton¹) e o convencional de água transformada em vapor (ciclo Rankine²) para o acionamento de uma turbina a vapor (LORA; NASCIMENTO, 2004).

1.2.3.1 Custo de Geração de Usinas Termelétricas

A modelagem de um sistema termelétrico é definida pelo custo de operação do parque termelétrico composto por um número de usinas. Cada usina individualizada descreve características diferentes no custo operacional que devem ser consideradas como o tipo de combustível, restrições de geração mínima e máxima, tempos de

¹ Ciclo termodinâmico no qual a adição de calor ocorre a pressão constante.

² Ciclo termodinâmico reversível que converte calor em trabalho.

partidas e desligamentos, restrições de rampa de carga, eficiência das caldeiras e dos conjuntos turbina/gerador, restrições ambientais, indisponibilidade forçada e programada, etc. Portanto a taxa total de custo deste sistema resulta na soma dos custos de cada uma das unidades individuais. A restrição essencial para o funcionamento deste sistema é que a soma das potências de saída deve ser igual a exigência de carga (WOOD *et al.*, 1996).

O custo total de operação das usinas térmicas inclui os custos fixos e variáveis, ou seja, o custo de combustível que é variável e a manutenção que na maioria dos modelos é considerado fixo por ser independente da geração de energia. De acordo com El Hawary e Christensen (1979) e Soares (1987), o custo de operação para uma usina térmica geralmente é modelado como uma curva quadrática (Figura 13), expressa pela equação (6):

$$C(G_T) = a_0 + a_1 G_T + a_2 G_T^2 \quad (6)$$

Sendo:

C é o custo operativo total da usina termelétrica no período t , em unidades monetárias (\$/h);

G_T é a potência gerada pela usina termelétrica no estágio t em (MW);

a_0 , a_1 e a_2 são os coeficientes da função de produção da usina em (\$, \$/MW e \$/MW²).

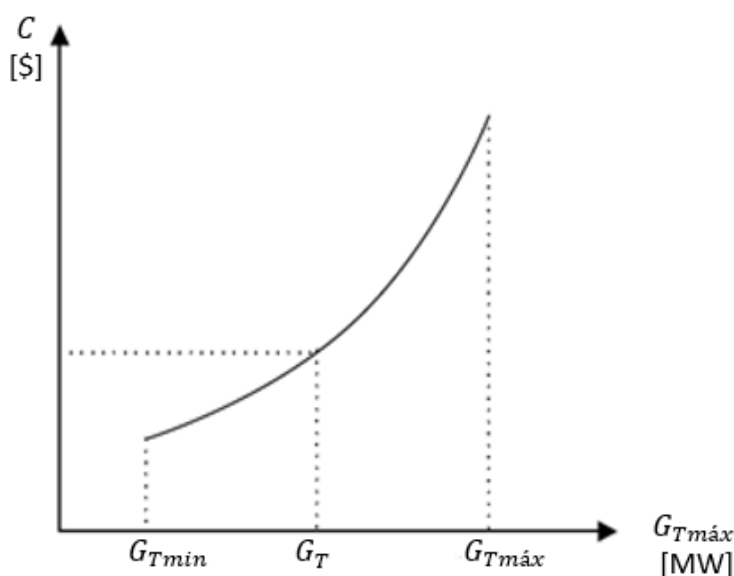


FIGURA 13 – CURVA TÍPICA DE CUSTO DE UMA USINA TÉRMICA
FONTE: (SOARES, 1987)

De acordo com El Hawary e Christensen (1979) os valores típicos dos coeficientes a_0 , a_1 e a_2 são estimados por mínimos quadrados simples. Na Tabela 3 apresentam-se os valores estimados dos coeficientes para diferentes tipos de usinas térmicas com diferentes faixas de potência, tal como se mostra a seguir:

TABELA 2 – COEFICIENTES TÍPICOS DE CUSTO

Potência (MW)	Carvão			Óleo			Gás		
	a_0	a_1	a_2	a_0	a_1	a_2	a_0	a_1	a_2
50	49,92	10,06	0,0103	52,87	10,47	0,0116	53,62	10,66	0,0117
200	173,61	8,67	0,0023	180,68	9,039	0,00238	182,62	9,19	0,00235
400	300,84	8,14	0,0015	312,35	8,52	0,00150	316,45	8,61	0,00150
600	462,28	8,28	0,00053	483,44	8,5	0,00056	490,02	8,73	0,00059
800	751,39	7,48	0,00099	793,22	7,74	0,00107	824,4	7,73	0,00117
1200	1130,8	7,47	0,00067	1194,6	7,72	0,00072	1240,32	7,72	0,00078

FONTE: HAWARY, EL. CHRISTENSEN (1979)

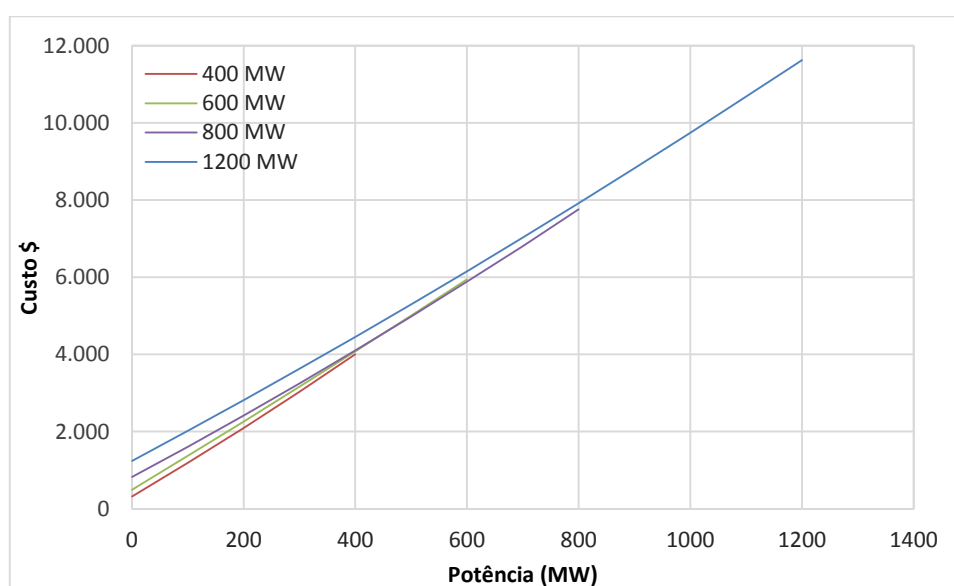


FIGURA 14 – CURVAS DE CUSTO PARA VÁRIAS USINAS TÉRMICAS A GÁS
FONTE: ADAPTADO DE (HAWARY, EL; CHRISTENSEN, 1979)

Nota-se da Tabela 2 que os coeficientes a_2 são próximos de zero, multiplicados pelo termo de segunda ordem da equação de custo (6), tornam este termo pequeno comparado com os demais termos da equação. Portanto, quando plotada esta equação assemelha-se com uma equação de primeira ordem (linear) como se observa na Figura 14.

Para o caso brasileiro, usualmente simplifica-se o problema adotando os coeficientes a_0 e a_2 iguais a zero, tornando a equação linear passando pela origem.

Cicogna (1999) apresenta os valores para o coeficiente a_1 empregados nas funções de custo para algumas usinas do sistema sudeste brasileiro (Tabela 3).

TABELA 3 – COEFICIENTE a_1 DE ALGUMAS USINAS TÉRMICAS DO SISTEMA SUDESTE BRASILEIRO

Usinas Térmicas		Potência (MW)	a_1
Nuclear	Usina1	420	8
	Usina 1	455	38
Óleo	Usina 2	460	44
	Usina 3	73	60
	Usina 4	70	70
	Usina 1	318	14
Carvão	Usina 2	354	20
	Usina 3	64	40

FONTE: CICO GNA (1999)

Para a modelagem de um sistema agregado o custo total de operação $C(G_T)$ do sistema termelétrico como um todo, com um parque térmico de N usinas, dentro de um horizonte de operação, pode ser expressa como uma única função e que é resultado do despacho econômico térmico (LYRA *et al.*, 1984). Nele dado um custo marginal de operação, as usinas que tiverem um custo de operação superior terão que operar na sua capacidade mínima. As usinas que tiverem um custo inferior terão que operar na sua capacidade máxima. Portanto o custo acumulado das unidades termelétricas, é modelado geralmente por uma função quadrática convexa, ordenando os custos de modo crescente em função do respectivo nível de geração, G_{T_i} , da seguinte maneira:

$$CT = \sum_{i=1}^N C_i(G_{T_i}). \quad (7)$$

Cabe ressaltar que nos modelos utilizados são desconsiderados os custos por penalização devida aos aspectos ambientais para a simplificação do problema. Por conseguinte, no capítulo 2 será considerada tal restrição para a formulação e modelagem da curva de custo de geração térmica. Na Figura 15 ilustra-se a curva de custo agregado para as usinas térmicas do SIN.

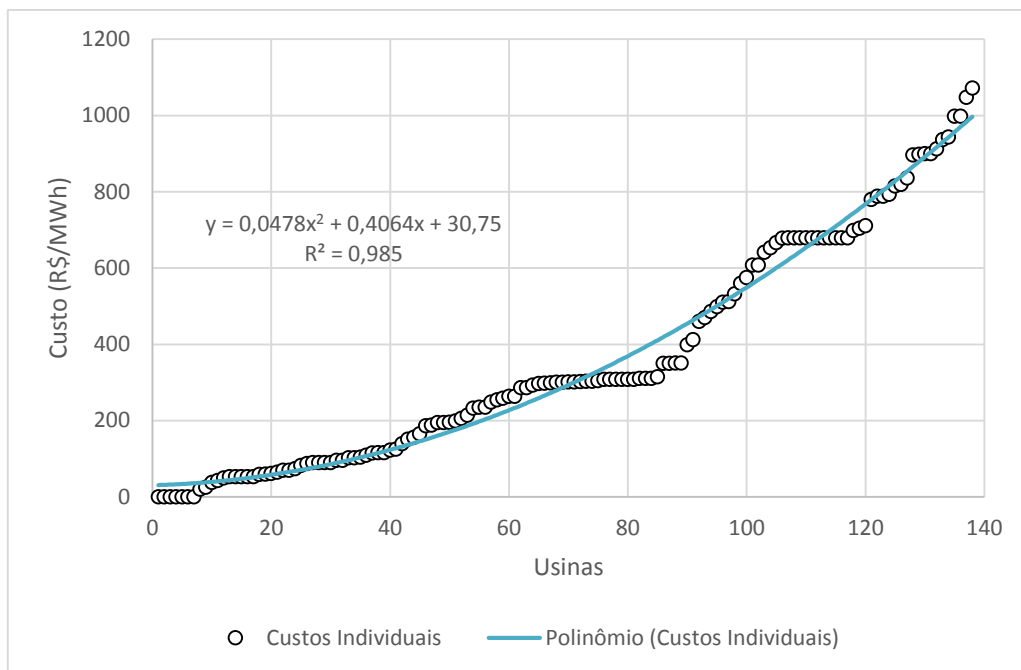


FIGURA 15 – CURVA DE CUSTO INCREMENTAL DE OPERAÇÃO DO SISTEMA TERMELÉTRICO AGREGADO DO SIN
 FONTE: (ONS, 2016)

1.2.3.2 Restrições Operativas das Unidades Termelétricas

Análises econômicas de longo prazo em geral admitem que usinas termelétricas sejam perfeitamente flexíveis, o que não retrata a realidade de todas as usinas. Por tanto o problema incorpora restrições tanto do sistema como das unidades (XING *et al.*, 2014); de modo que estas restrições dependerão das características e regras de operação que melhor se adaptem a cada sistema.

Wood *et al.*, 1996 definem as principais restrições para a operação no despacho de usinas termelétricas como:

- Reserva girante (*spinning reserve*): descreve a quantidade total de geração disponível a partir de todas as unidades sincronizadas no sistema para repor a perda de unidades de geração ou suprir acréscimos de demanda devido a erros de previsão.
- Tempo mínimo de operação após partida (*minimum up time*): uma vez que a unidade está funcionando, esta não deve ser desligada imediatamente;
- Tempo mínimo de desativação após parada (*minimum down time*): uma vez que a unidade é desligada, tem um tempo mínimo para que possa ser novamente ligada;

- Restrições de operadores (*crew constraints*): geralmente as usinas tem mais de uma unidade térmica, portanto não podem ser ativadas dois ou mais unidades ao mesmo tempo uma vez que a equipe operativa não é suficiente para atender ambas unidades no arranque. Para colocar uma unidade em funcionamento, a pressão e temperatura da unidade térmica devem ser ajustadas lentamente até que a unidade atinja a potência nominal, logo a energia produzida neste intervalo não será considerada na produção do sistema, mas incorrerá num custo de partida que é de grande importância na modelagem do custo termelétrico;
- Despacho obrigatório (*must run*): algumas unidades são dadas a despachos obrigatórios durante certos períodos do ano, por motivos de suporte de tensão na rede de transmissão ou para fins tais como fornecimento de vapor para utilizações fora da própria planta de vapor;
- Restrições de combustível: devido aos contratos com os fornecedores de combustíveis, algumas usinas térmicas podem ter combustível limitado ou podem precisar queimar uma quantidade especificada de combustível em um determinado momento.
- Emissões atmosféricas: as usinas térmicas que funcionam com combustíveis fósseis produzem gases poluentes como dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de carbono (CO_2) e mercúrio. A quantidade de emissão depende de vários fatores tais como o tipo de combustível utilizado, o nível de saída de geração e a eficiência da unidade.

Considera-se, para este trabalho, que as restrições mais importantes para o despacho hidrotérmico são o custo de partida e desligamento, o despacho obrigatório e a penalização ambiental dada pelas emissões atmosféricas.

Para que uma usina termelétrica possa gerar energia quando é ligada, a água da caldeira deve ser aquecida para gerar vapor que movimentará a turbina. Neste processo será necessário utilizar uma quantidade de combustível para inicializar a unidade a um ponto de plena capacidade nominal. Essa quantidade de combustível dependerá do tempo transcorrido desde que a usina foi desligada, uma vez que a usina poderá, ou não, estar aquecida desde a última operação. Durante este período a usina operará em níveis de baixa eficiência, ou seja, com uma baixa taxa de conversão que a usina transforma o combustível em eletricidade.

A vantagem de manter usinas termelétricas em faixas elevadas de operação é que nesta faixa há queima eficiente de combustível o que reduz a produção de gases poluentes como dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de carbono (CO_2) e mercúrio, e a emissão destes gases implicam um custo elevado devido as externalidades e custos socioambientais (MATTHEWS; LAVE, 2000 e REIS, 2001).

De acordo com o trabalho de NAG et al. (2008) em uma planta a gás os menores índices de emissões de CO_2 ocorrem entre o 70% e 100% da carga. Por outro lado, as regulações ambientais estabelecem limites de operação para plantas de combustão a fim de cumprir com os níveis de emissões permitidos. Segundo a regulação da UE e dos EUA, para manter os níveis permitidos de SO_2 e NO_x em plantas a gás, estas deverão operar acima do 70% da carga.

A legislação brasileira estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos provenientes de turbinas a gás mediante as resoluções N°. 436/2011 (CONAMA, 2011) e N°. 016/2014 (SEMA, 2014), as quais estabelecem que o limite de emissões para fontes fixas que utilizam turbinas a gás devem ser no máximo aquelas produzidas quando a usina opera com 70% da sua carga nominal.

Mesmo sem considerar os custos causados por partidas/desligamentos, o aumento das emissões atmosféricas reforça a necessidade de evitar o despacho de usinas termelétricas em baixa intensidade.

Utilizando curvas de custo não convexas, pode-se inibir partidas e desligamentos frequentes e ainda incentivar despachos próximos da potência ótima de uma usina. Como visto pode-se, com base nas legislações, definir que as faixas elevadas de operação sejam acima de 70% da potência nominal de uma usina termelétrica.

2. MÉTODO

Este capítulo tem como objetivo abordar o método empregado para a obtenção de uma função de custo de geração de energia para usinas termelétricas. Entende-se por função de custo de geração como a relação entre a energia gerada e o custo de geração. No presente trabalho, esta definição estrita aplica-se somente a faixa de geração maior do que 70% da capacidade nominal da usina térmica. Para evitar despachos com geração inferior a 70% e o emprego de programação mista (inteira e não-linear) outras sugestões de curvas de custo são definidas e apresentadas.

O problema apresentado nesta dissertação justifica o emprego de uma função de custo que satisfaça os requisitos para ser empregada na otimização não linear, para o problema de planejamento do despacho hidrotérmico de médio/longo prazo cuja função objetivo é a minimização do valor presente do custo de operação. Sua construção baseia-se em dados obtidos da simulação de custo de operação de uma usina a gás que engloba características físicas das unidades térmicas, as restrições operativas e condições de operação do sistema elétrico brasileiro.

2.1 MODELAGEM FUNÇÃO DE CUSTO NÃO LINEAR

Em função das características operativas das usinas termelétricas, a modelagem da função de custo deverá satisfazer as seguintes condições:

- Não lineares, em acordo com a literatura (ver item 1.2.3.1).
- Diferenciáveis em todo o seu domínio, para ser empregada em técnicas de otimização não linear (LABADIE, 2004) uma vez que a maioria dos métodos clássicos requerem, na maioria das vezes, o uso de pelo menos a primeira derivada da função objetivo em relação às variáveis de projeto.
- Penalização para despachos de baixa potência e impossibilidade de despacho por razões ambientais.

Isto posto, apresenta-se na sequência o método utilizado para obtenção dos pontos para o ajuste e por fim, o método de modelagem e ajuste por *Levenberg-Marquardt*.

2.1.1 Método de obtenção dos pontos para o ajuste da função

No despacho econômico de um sistema de produção térmico somente seria necessário levar em consideração os custos quadráticos de geração das usinas térmicas de acordo com a equação (6), caso estas operassem a plena carga com o máximo ponto de eficiência e continuamente durante um período de tempo. Entretanto não é o que acontece na realidade. Assim, há necessidade de ligar e desligar grupos durante algumas parcelas de tempo para programações de manutenção, o que faz com que a usina opere em diferentes níveis de carga, ou seja, fora do ponto de eficiência máxima, este tipo de operação é denominado como *cycling*. Para Lefton e Besuner (2006, p.16) e Lefton *et al.* (2012) os custos financeiros associados a partida/desligamento e operações de *cycling* são muito elevados.

Quando as usinas termelétricas operam em níveis de potência diferentes do ótimo ou em rampa, há queima incompleta do combustível e menor eficiência energética, o que implica na necessidade de mais combustível para produzir a mesma quantia de energia (EPE, 2016), potencializando a produção de gases poluentes.

Logo, o uso intermitente e a baixa potência de uma usina termelétrica são ineficientes tecnicamente e de alto custo. Apesar do ganho de informação obtido com a função de custo quadrática, esta ainda não resolve o problema dos custos indiretos devido às operações da usina em faixas de baixa potência e os custos ambientais. Isto é aproximado por meio da adoção de uma função de custo côncava para um despacho de 0 a 0,7, pois se procura inibir o despacho de baixa potência de maneira a reduzir o nível de emissões atmosféricas, já que esta restrição é de difícil modelagem e representa um custo adicional elevado devido às externalidades ambientais.

Propõe-se então uma função de custo de geração térmica não linear que siga o formato da Figura 16. Na faixa de despacho de 0 a aproximadamente 0,7 ela deve apresentar concavidade e um máximo local para atender às exigências de penalização, já na faixa de 0,7 a 1, continuar com o formato da função de custo típica quadrática da equação (6), isto com o objetivo de que o otimizador fuja da operação de baixa intensidade e decida operar a usina no intervalo de 0,7 a 1 no qual apresenta uma maior eficiência e um menor custo de operação.

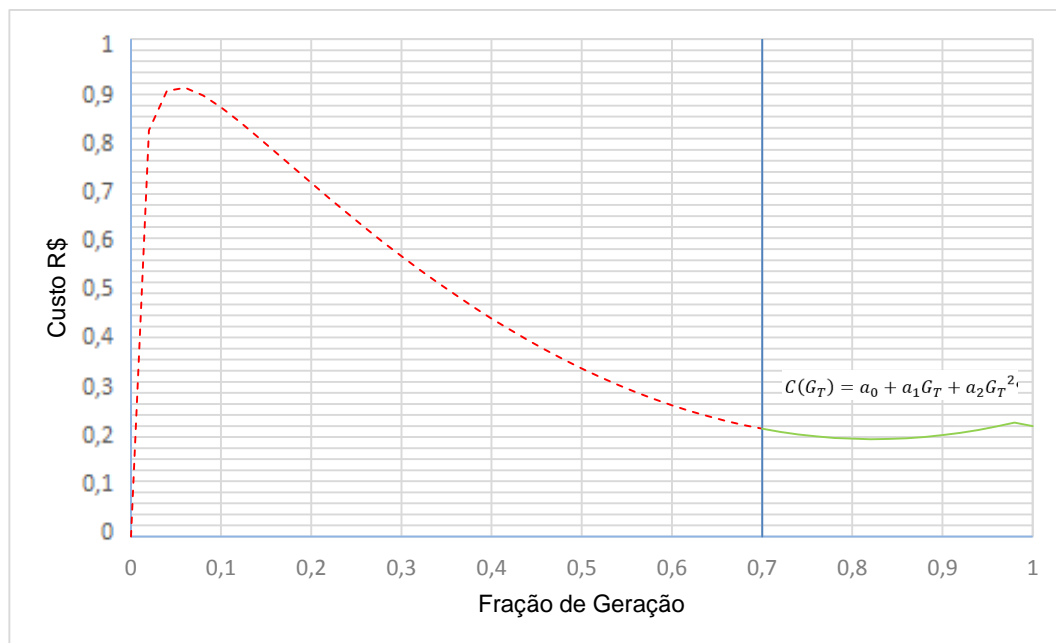


FIGURA 16 – FORMATO PROPOSTO PARA A MODELAGEM DA FUNÇÃO DE CUSTO TÉRMICO
 FONTE: O autor (2016)

2.1.1.1 Pontos abaixo de 70% da geração máxima

A escolha dos pontos para ajuste abaixo de 70% da geração máxima deve contemplar as penalizações ambientais e restrições de operação das usinas termelétricas. Porém devido a indisponibilidade de dados de custo ambiental para o ajuste da função de custo, neste trabalho, o custo de penalização será assumido como sendo três vezes maior que o custo real da usina quando esta opera com a capacidade máxima. Também foi assumido um ponto intermediário, correspondente à 40% da geração térmica máxima, que foi definido com o propósito: realizar de forma gradual a passagem entre o custo de penalização e o custo para as gerações mais elevadas.

Definiu-se um ponto na origem dos eixos (0,0) para garantia que a função de custo atenda a premissa que geração térmica nula corresponda a custo nulo.

2.1.1.2 Pontos acima de 70% da geração máxima

A modelagem do custo das usinas térmicas por funções não lineares encontra-se na literatura, em especial na operação de curto prazo ou programação diária onde a solução do modelo exige um melhor detalhamento na formulação do problema. Geralmente as curvas convexas quadráticas têm uma boa aderência. O trabalho proposto por Sinha, Chakrabarti e Chattopadhyay (2003), utiliza curvas quadráticas

no cálculo do custo, porém não demonstra a sua construção. Outras abordagens similares como Bayón et al. (2005); Djurovic, Milacic e Krsulja (2012); Ennes e Diniz (2012), também consideram a não linearidade da curva, atendendo a restrição de mínima e máxima energia.

Favoreto (2005) analisou a operação de uma usina termelétrica a gás de 500 MW de potência com garantia física de 440,4 MW médios, sujeita a custos de fornecimento de combustível, transporte, comissionamento da concessionária local, *commodity* gás, operação e manutenção (O&M) fixo, O&M variável e a contratos de suprimento de gás com cláusulas de *take-or-pay* e *ship-or-pay*. Estes parâmetros foram empregados em um simulador de dinâmica de sistemas para analisar o impacto destes fatores no desempenho econômico da usina. Os parâmetros de entrada utilizados na simulação encontram-se na Tabela 4. A simulação foi executada com a usina operando a plena carga para quatro períodos de tempo, onde foram calculados os custos variáveis de operação da usina conforme a Tabela 5.

A unidade de produção energética é o MW médio, que é a energia produzida pela operação contínua de um megawatt de capacidade durante um período de tempo. O MW médio é calculado por meio da razão MWh/h, onde MWh representa a energia produzida e h representa a quantidade de horas do período de tempo no qual a referida quantidade de energia foi produzida. De tal modo, 1MW médio em 1 mês de 30 dias resultaria em 1MW mês = 720MWh.

TABELA 4 – VALORES DE ENTRADA DA SIMULAÇÃO PARA USINA TERMELETRICA A GÁS

Parâmetro	Valor	Unidade
Potência	500	MW
Energia com Garantia Física	440,4	MW médios
Eficiência	54,88	%
Quantidade Diária Contratada (gás)	2.000.000	m ³
Take or Pay	70	%
Ship or Pay	95	%
Transporte do Gás	1,13	US\$ / MMBTU
Commodity Gás	1,65	US\$ / MMBTU
Comissionamento	0,15	US\$ / MMBTU
O&M variável	1,5	US\$ / MWh
O&M fixo	16.400,00	US\$ / dia
Dólar (US\$)	2,5	R\$

FONTE: FAVORETO (2005)

TABELA 5 – CUSTO VARIÁVEL DE USINA TERMELÉTRICA A GÁS NATURAL, DETERMINADO POR SIMULAÇÃO

Tempo em operação (%)	Custo variável (US/MWh)			Custo variável equivalente (R\$/MWh)	Geração esperada da usina (MWh)	Custo total equivalente (R\$)
	Mínimo	Valor esperado	Máximo			
25	66,62	67,73	69,18	169,33	91.312,5	15.461.489,06
50		34,69	37,24	86,73	182.625,0	15.838.153,13
70	25,25			66,41	255.675,0	16.980.015,94
100		21,09	27,88	52,73	365.250,0	19.257.806,25

FONTE: Adaptado de Favoreto (2005)

A simulação mostrou que os custos de operação em função da energia gerada pela usina comportam-se de maneira não linear. Este comportamento pode ser descrito por uma função de segunda ordem de acordo com a equação (6). Nota-se que o custo por geração da usina (\$/MWh) a 100% do tempo é aproximadamente três vezes menor que operar a usina durante 25% do tempo disponível.

A única informação de custo amplamente disponível para a grande maioria das usinas termelétricas é o custo variável de operação, o que equivale a uma função linear de custo. Para estimar uma função de custo não linear que possa ser utilizada para todas as usinas, emprega-se uma função de custo modularizada, definida como um conjunto de pontos cujo custo (imagem) y e geração térmica (domínio) x são no mínimo zero e no máximo um, ou: $D(f) = \{x \in \mathbb{R} \mid 0 \leq x \leq 1\}$, $Im(f) = \{y \in \mathbb{R} \mid 0 \leq y \leq 1\}$.

Para obter a função de segundo grau e seus coeficientes, foi feito um ajuste por mínimos quadrados para uma função polinomial de segundo grau dada pela equação (8) (GILAT; SUBRAMANIAM, 2008; CHAPRA; CANALE, 2011), esta equação é baseada na determinação dos valores dos parâmetros que minimizem a soma dos quadrados dos resíduos.

$$S_r = \sum_i^N (y_i - a_0 - a_1x - a_2x^2)^2 \quad (8)$$

Calculando as derivadas parciais em relação aos coeficientes, obtém-se:

$$\frac{\partial S_r}{\partial a_0} = -2 \sum (y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2) \quad (9)$$

$$\frac{\partial S_r}{\partial a_1} = -2 \sum x_i (y_i - a_0 - a_1x_i - a_2x_i^2) \quad (10)$$

$$\frac{\partial S_r}{\partial a_2} = -2 \sum x_i^2 (y_i - a_0 - a_1 x_i - a_2 x_i^2) \quad (11)$$

As equações (9), (10) e (11) podem ser igualadas a zero e reorganizadas para determinar o seguinte conjunto de equações normais:

$$(n)a_0 + \left(\sum x_i\right)a_1 + \left(\sum x_i^2\right)a_2 = \sum y_i \quad (12)$$

$$\left(\sum x_i\right)a_0 + \left(\sum x_i^2\right)a_1 + \left(\sum x_i^3\right)a_2 = \sum x_i y_i \quad (13)$$

$$\left(\sum x_i^2\right)a_0 + \left(\sum x_i^3\right)a_1 + \left(\sum x_i^4\right)a_2 = \sum x_i^2 y_i \quad (14)$$

A solução do sistema de equações (12), (13) e (14) fornece os valores dos coeficientes a_0 , a_1 e a_2 do polinômio de segundo grau que melhor se ajusta aos n pontos (x_i, y_i) .

Utilizando os dados da Tabela 5, e considerando um horizonte de um mês, uma vez que o despacho é feito de forma mensal, determinaram-se quatro pontos da função de custo quadrática. Estes pontos foram obtidos dividindo cada valor de geração e de custo por seu valor máximo, para o caso da geração por 365.250 MWh e para o custo por R\$19.257.806,25, os pontos obtidos apresentam-se na Tabela 6:

TABELA 6 – VALORES MODULARIZADOS DE GERAÇÃO E CUSTO DA USINA TÉRMICA A GÁS

Geração	Custo
0,25	0,80
0,50	0,82
0,70	0,89
1,00	1,00

Com base nesses pontos foi realizado o ajuste por mínimos quadrados. A equação de custo modularizada foi definida e encontra-se ilustrada na Figura 17.

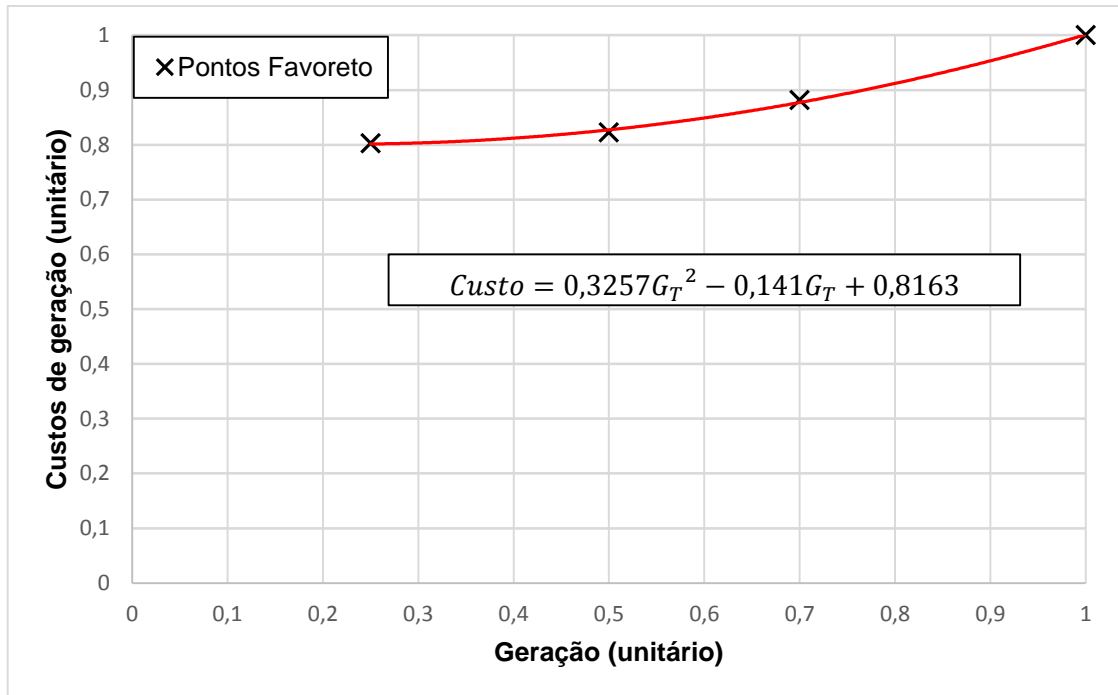


FIGURA 17 – EQUAÇÃO QUADRÁTICA AJUSTADA A PARTIR DOS PONTOS UNITÁRIOS DE FAVORETO (2005)

2.1.2 Modelagem empírica da função de custo térmico pelo método de *Levenberg-Marquardt*

Para obter a função de custo que penalize os despachos de baixa potência de 0 a 0,7 e para o intervalo de 0,7 até 1,0 siga o formato quadrático da equação (6), são ajustadas dois tipos de funções: uma exponencial e uma racional. Para encontrar os parâmetros das funções é realizado o ajuste mediante regressão não linear por mínimos quadrados, utilizando o software MatLab®, empregando o algoritmo de *Levenberg-Marquardt*. Este método é similar ao método de *Gauss-Newton*, a diferença consiste em substituir a direção com uma região de confiança (MADSEN et al., 2004; NOCEDAL; WRIGHT, 2006).

A minimização da soma dos quadrados dos resíduos das equações não lineares pode ser expressa genericamente como:

$$F(x) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m (f_i(x))^2 = \frac{1}{2} \|f(x)\|^2 = \frac{1}{2} f(x)^T f(x) \quad (15)$$

onde $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ é um vetor, e cada f_i é uma função de $\Re^n \rightarrow \Re$, f_i é referido como os resíduos e assume-se que $m \geq n$. A expressão $F(x)$ representa o erro total $\|e(x)\|^2$ resultante do ajuste a ser feito.

$$F(x) = \|e(x)\|^2 = \sum_{i=1}^m e_i^2 \quad (16)$$

O ajuste de funções não lineares pelo método dos mínimos quadrados realiza-se através do processo iterativo. A partir de um vetor inicial x_0 , o método produz uma série de vetores x_1, x_2, \dots, x_n que devem convergir para x^* . Em cada iteração, x deve ser substituído por uma nova estimativa $x + h$.

Para determinar-se o vetor $h = (h_1, h_2, \dots, h_n)^T$. Supondo que f tenha derivadas parciais contínuas, pode-se escrever a expansão de Taylor como:

$$f(x + h) = f(x) + J(x)h + O(\|h\|^2) \quad (17)$$

Onde $J \in R^{m \times n}$ é a matriz jacobiana que contém as primeiras derivadas parciais das componentes da função.

$$J(x) = \frac{\partial f_i}{\partial x_j}(x) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_2}{\partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_m}{\partial x_1} & \frac{\partial f_m}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_m}{\partial x_n} \end{bmatrix} \quad (18)$$

Baseado em uma aproximação linear para os componentes de f nas proximidades de x . Para valores pequenos de $\|h\|$, a expansão de Taylor da equação (17) mostra que:

$$f(x + h) \cong l(h) \equiv f(x) + J(x)h \quad (19)$$

Substituindo (17) em (15) verifica-se que:

$$\begin{aligned} F(x + h) &\cong L(h) \equiv \frac{1}{2}l(h)^T + l(h) \\ &= \frac{1}{2}[(f + Jh)^T(f + Jh)] \\ &= \frac{1}{2}f^T f + h^T J^T f + \frac{1}{2}h^T J^T J h \\ &\equiv F(x) + h^T J^T f + \frac{1}{2}h^T J^T J h \end{aligned} \quad (20)$$

Com $f = f(x)$ e $J = J(x)$, como a direção descendente do método de *Gauss-Newton* h_{gn} deve minimizar $L(h)$, calcula-se o gradiente (21) e a matriz hessiana (22) de L :

$$L'(h) = J^T f + J^T J h \quad (21)$$

$$L''(h) = J^T J \quad (22)$$

$L(h)$ possui um único mínimo que é achado pela expressão (23):

$$\begin{aligned} L'(h_{gn}) &= 0 \\ J^T f + J^T J h_{gn} &= 0 \\ (J^T J) h_{gn} &= -J^T f \end{aligned} \quad (23)$$

Apesar do método de *Gauss-Newton* resolver de maneira mais simples a matriz Hessiana, não é garantido que exista a inversa dessa matriz necessária para o cálculo de h_{gn} (NOCEDAL; WRIGHT, 2006), portanto o método de *Levenberg-Marquardt* propõe somar uma parcela μI à matriz Hessiana, onde μ é um escalar denominado parâmetro de *damping* e I a matriz identidade.

Com essa modificação, a direção do passo do método de *Levenberg-Marquardt* pode ser calculada da seguinte maneira:

$$(J^T J + \mu I) h_{lm} = -g \quad (24)$$

onde $g = J^T f$ para $\mu \geq 0$.

O parâmetro *damping* μ causa diferentes comportamentos do método:

1. Para todo $\mu > 0$ a matriz de coeficientes $(J^T J + \mu I)$ é positiva definida, o que implica que h_{lm} é uma direção de descida.
2. Para valores grandes de μ tem-se:

$$h = -\frac{1}{\mu} g = -\frac{1}{\mu} F'(x),$$
 que é um pequeno passo na direção máxima de descida.
3. Se μ é muito pequeno temos que $h_{lm} \approx h_{gn}$, o que é bom nos estágios finais da iteração quando x está próximo de x^* , pois, quando isso ocorre, o método de *Levenberg-Marquardt* consegue convergência quadrática.

O valor inicial de μ pode ser relacionado ao tamanho dos elementos da matriz Hessiana $A_0 = J(x_0)^T J(x_0)$, de forma que:

$$\mu_0 = \tau \cdot \max_i \{a_{ii}^{(0)}\} \quad (25)$$

onde τ é escolhido pelo usuário. Para determinados problemas em que o valor de x_0 é uma boa aproximação para x^* pode-se adotar $\tau = 10^{-6}$. Caso contrário, recomenda-se $\tau = 10^{-3}$ ou até mesmo $\tau = 1$.

O valor de μ pode ser modificado durante as iterações e isso é feito em função de um outro parâmetro ρ , denominado de razão de ganho, ou seja:

$$\rho = \frac{F(x) - F(x + h)}{L(0) - L(h_{lm})} \quad (26)$$

onde $L(0) - L(h_{lm})$ é o ganho obtido através da expressão (27).

$$\begin{aligned}
L(0) - L(h_{lm}) &= -h_{lm}^T J^T f - \frac{1}{2} h_{lm}^T J^T J h_{lm} \\
&= -\frac{1}{2} h_{lm}^T (2J^T f + (J^T J + \mu I - \mu I) h_{lm}) \\
&= \frac{1}{2} h_{lm}^T (\mu h_{lm} - J^T f)
\end{aligned} \tag{27}$$

Como $h_{lm}^T h_{lm}$ e $h_{lm}^T J^T f$ são positivos, então o denominador $L(0) - L(h_{lm})$ também é positivo.

Observa-se que um valor grande de ρ indica que $L(h_{lm})$ é uma boa aproximação para $F(x + h_{lm})$. Nesse caso, deve-se reduzir o valor de μ para que o próximo passo do método de *Levenberg-Marquardt* se aproxime mais do passo do método de *Gauss-Newton*. No caso de ρ ter um valor pequeno, deve-se aumentar o valor de μ para que h_{lm} se aproxime mais da direção descendente.

Os critérios de convergência ou critérios de parada mais usuais são:

1. Norma do gradiente menor do que um determinado valor pré-determinado, isto é, $\|g\|_\infty \leq \varepsilon_1$, onde ε_1 é um número positivo pequeno escolhido pelo usuário de modo a refletir que $F'(x^*) = g(x^*) = 0$.
2. Variação no valor de x muito pequena, isto é, $\|x_{new} - x\| \leq \varepsilon_2(\|x\| + \varepsilon_2)$.
3. Número máximo de iterações determinado pelo usuário. Isto é importante para evitar que o algoritmo entre em loop infinito: $k \geq k_{máx}$, onde k é o número de iterações.

2.2 ANÁLISE QUALITATIVA DA FUNÇÃO DE CUSTO DE GERAÇÃO TERMELÉTRICA

Para definir a curva que melhor se adapta aos dados disponibilizados, a verificação foi feita baseada em estatísticas de aderência com estimação dos parâmetros para qualidade da curva.

Na verificação da qualidade do ajuste do modelo não linear, busca-se o modelo que envolva o mínimo de parâmetros possíveis a serem estimados e explique bem o comportamento da variável resposta.

Para o cálculo destes parâmetros, y_i é cada valor observado, f_i é o valor estimado do modelo, e é o erro ou discrepância entre o valor observado e o valor estimado do modelo $e = y_i - f_i$, n é a quantidade de dados da amostra, $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$

é a média dos valores observados e $\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$ é a variância da amostra. A seleção do modelo mais adequado e que representa as condições dadas, será aquele que represente melhores índices e precisão obedecendo aos parâmetros referidos na sequência (ADHICARI; AGRAWAL, 2013):

a) Soma do erro quadrático (*The Sum of Squared Error - SSE*)

Mede o desvio quadrático total entre os valores observados y_i e os valores estimados do modelo f_i . Quanto menor for a diferença, maior poder explicativo detém o modelo.

$$SSE = \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (28)$$

b) Erro quadrático médio (*The Mean Squared Error - MSE*)

É uma medida do desvio quadrático médio dos valores previstos. O erro quadrático médio dá uma ideia geral do erro ocorrido durante a estimação. O MSE é sempre não negativo, e os valores mais próximos de zero são melhores.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (29)$$

c) Raiz do erro quadrático (*The Root Mean Squared Error – RMSE*)

Representa o desvio padrão da amostra das diferenças entre os valores estimados e os valores observados, essas diferenças são chamadas de resíduos. RMSE é uma medida de como estão espalhados esses resíduos, em outras palavras, ele informa como estão concentrados os dados em torno da reta do ajuste. O parâmetro RMSE varia de zero ao infinito, sendo zero correspondente ao ideal.

$$RMSE = \sqrt{MSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2} \quad (30)$$

d) O erro quadrático médio normalizado (*The Normalized Mean Squared Error - NMSE*)

É uma medida de erro equilibrada e é muito eficaz para avaliar a precisão da estimativa de um modelo. Quanto menor for o valor do NMSE será melhor a estimativa:

$$NMSE = \frac{MSE}{\sigma^2} = \frac{1}{\sigma^2 n} \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (31)$$

e) Coeficiente de determinação (R^2)

É uma medida que quantifica a qualidade do ajuste. O valor de R^2 varia entre 0 e 1, a qualidade do ajuste será tanto maior quanto mais R^2 se aproximar da unidade (MOTULUSKY e CHISTOPOULUS, 2003; MONTGOMERY e RUNGER, 2007). Está definido como:

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST} \quad (32)$$

R^2 é calculado a partir da soma dos quadrados dos desvios entre os pontos observados e a curva que melhor ajustou-se por regressão não linear. A soma dos desvios quadráticos ou erros quadráticos SSE pode ser calculada com a expressão (29). Para transformar R^2 em uma fração, os resultados são normalizados para a soma do quadrado das distâncias dos pontos de uma linha horizontal através da média de todos os valores y_i . Esse valor é chamado de soma corrigida dos quadrados total (*Corrected Sum of Squares Total* – SST) e é calculada mediante a seguinte expressão:

$$SST = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (33)$$

2.3 MODELO DE OTIMIZAÇÃO PARA O DESPACHO HIDROTÉRMICO

O modelo utilizado para as simulações é o modelo PHOENIX (BESSA *et al.*, 2013). Trata-se de um método para a otimização do problema do despacho hidrotérmico do SIN mediante a representação de usinas individualizadas.

O PHOENIX é um modelo não-linear, multiobjetivo, estocástico, com um horizonte de planejamento de médio prazo e modela as usinas individualmente com grande detalhamento das características operativas. Tem como objetivo a minimização dos custos de geração das usinas termelétricas e os déficits de energia

considerando as seguintes restrições: balanço hídrico de cada reservatório, atendimento à demanda e defluência mínima total.

Inicialmente o modelo registra e analisa as séries de afluições históricas e define as séries sintéticas de afluições. Nesta etapa é verificado, e corrigido se necessário, a estacionariedade das séries hidrológicas, bem como questões de amostragem destas.

Para a resolução do problema do despacho é utilizado o método matemático Lagrangeano Aumentado, que divide o problema em subproblemas mediante iterações quando os critérios de parada em relação ao problema original não são atendidos. Para cada iteração os multiplicadores de lagrange e o parâmetro de penalidade são atualizados, forçando a satisfazer as condições de otimalidade. Os subproblemas de cada iteração do Lagrangeano Aumentado são resolvidos pelo método Gradiente Espectral Projetado (MARCILIO, 2014).

Uma vez é calculada a otimização do despacho hidrotérmico, as gerações mensais das usinas hidrelétricas e térmicas são fornecidas a um fluxo de energia ótimo para verificar se o valor é suficiente para prover as cargas mensais referentes aos patamares e além disto satisfazer os limites de intercâmbio das linhas de transmissão. No caso em que ditas metas não consigam atender a demanda e as restrições elétricas, o despacho hidrotérmico indicará que há déficit de energia. Para este processo são designadas usinas fictícias a modo de identificar a razão do déficit, com isto é feita uma realimentação do problema de despacho para aumentar a geração das usinas hidráulicas ou térmicas e assim diminuir o déficit até um valor aceitável.

Por último, determina-se a política de operação que define o valor esperado do custo total mediante a análise do risco.

Os algoritmos utilizados para a otimização do despacho do PHOENIX são desenvolvidos em MatLab[®], e encontram-se de maneira distribuída em um *cluster* de computadores.

3. ESTUDO DE CASO

Para avaliar o comportamento da curva de custos de geração térmica, é feita a otimização com a aplicação da curva proposta no modelo de otimização PHOENIX descrito no capítulo anterior. As simulações são realizadas considerando um sistema elétrico real reduzido. Este capítulo apresenta as características do sistema hidrotérmico teste utilizado e os dados empregados no otimizador.

3.1 SISTEMA HIDROTÉRMICO TESTE

Para realizar as otimizações no modelo PHOENIX, optou-se por um sistema elétrico interligado de porte reduzido em relação ao SIN para tornar possível otimizações com menor tempo de execução computacional.

O sistema teste baseia-se em dados reais do ONS e refere-se a usinas da região sul do Brasil, e está composto por sete usinas hidráulicas. A Tabela 7 descreve as principais características das usinas hidroelétricas do sistema teste. A Figura 18 mostra por sua vez a localização das usinas hidrelétricas do sistema teste.

TABELA 7 – DADOS DAS USINAS HIDROELÉTRICAS

Usina	Machadinho	Itá	Gov. Bento Munhoz	Salto Segredo	Salto Santiago	Salto Osório	Salto Caxias
Código	91	92	74	76	77	78	82
Rio	R. Uruguai	R. Uruguai	R. Iguaçu	R. Iguaçu	Iguaçu	Iguaçu	Iguaçu
Área de drenagem (Km ²)	32.050	44.500	29.900	34.100	43.330	45.800	57.000
Vazão média de longo período (m ³ /s)	728	1.051	665	769,2	1020,9	1068,9	1371,4
Volume total do reservatório (km ³)	3,3	5,1	5,8	2,9	6,8	1,1	3,6
Queda líquida (m)	96,75	100,19	119,97	112,73	1020,9	66,17	62,99
Nível d'água operacional mínimo (m)	465	364	742	602	481	389	323
Nível d'água operacional máximo (m)	480	370	700	607	506	397	325
Subsistema	1	1	1	2	2	2	2
Nº de máquinas	3	5	4	4	4	4	4
Geração máxima por máquina (MW)	380	290	418,5	315	343	190	310
Geração máxima total (MW)	1140	1450	1674	1260	1420	700	1240

FONTE: Adaptado de ANDRIOLO (2014)

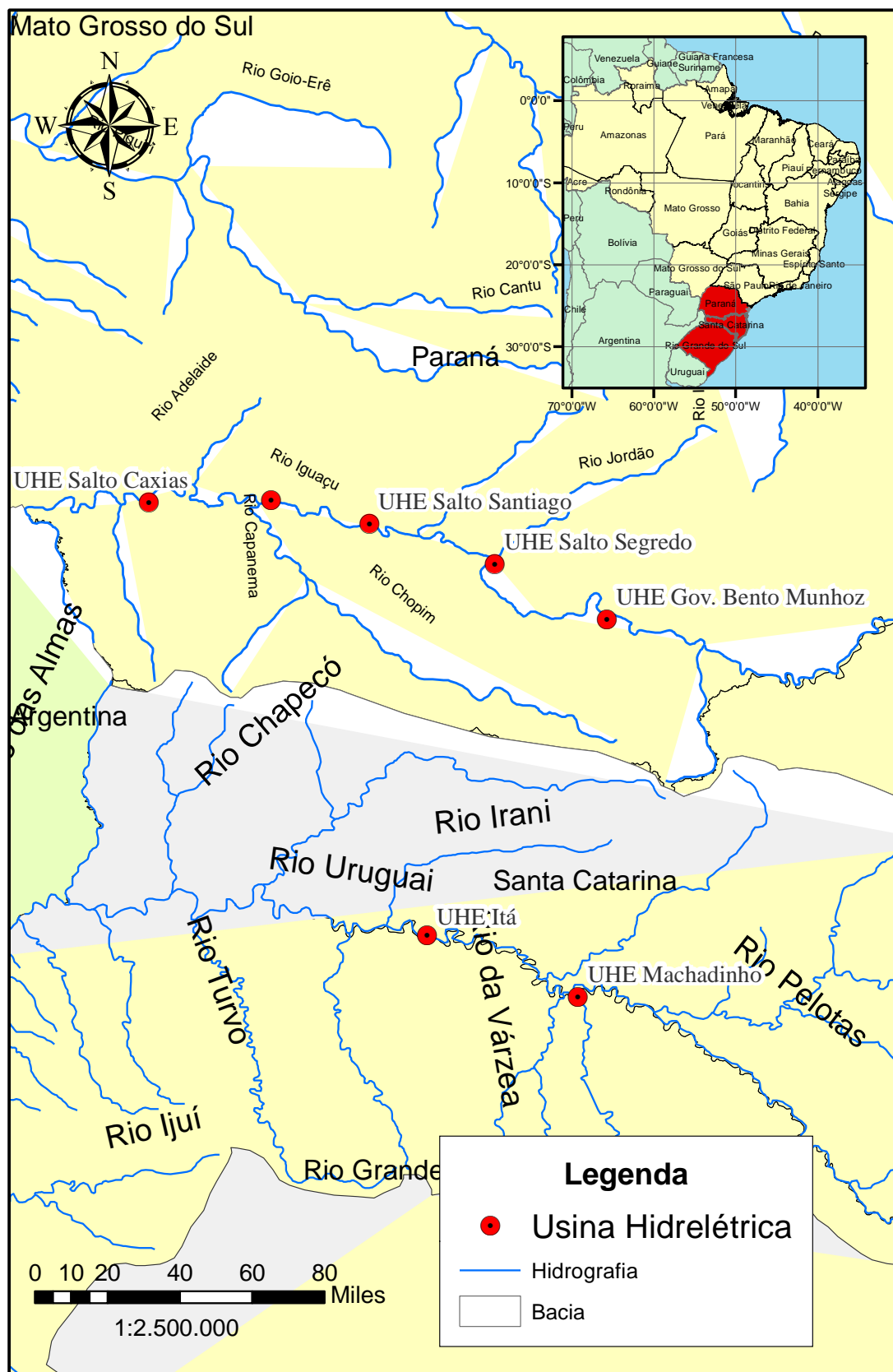


FIGURA 18 – MAPA LOCALIZAÇÃO USINAS HIDRELÉTRICAS DO SISTEMA TESTE
FONTE: O autor (2017)

O sistema teste encontra-se dividido em dois subsistemas (subsistema 1 e subsistema 2), nos quais ocorre intercâmbio de energia de 1 para 2. A demanda do subsistema 1 é de 2.701 MW mês e do subsistema 2 é de 561 MW mês (ANDRIOLO, 2014). A Figura 19 mostra o encadeamento das usinas e as cascatas formadas pela configuração do sistema teste.

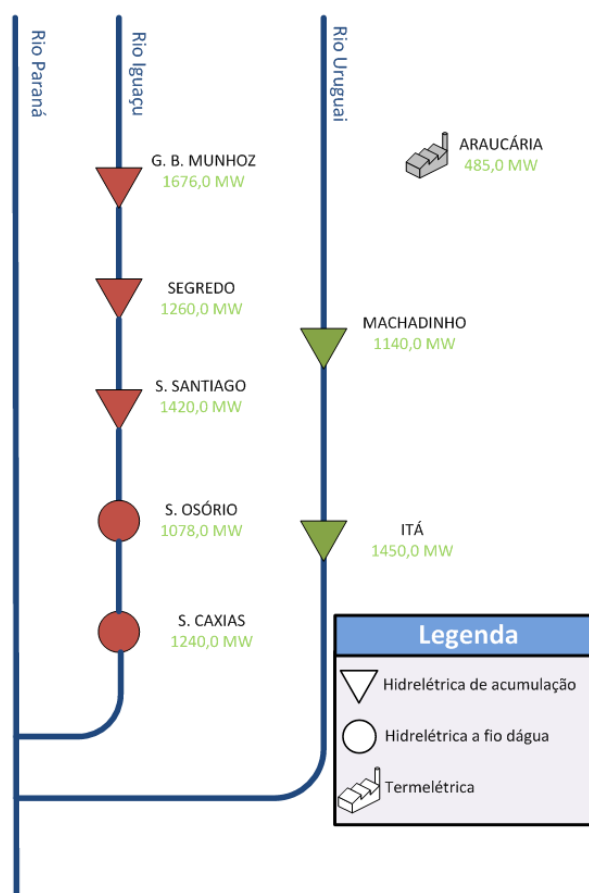


FIGURA 19 – CASCATA DO SISTEMA HIDROTÉRMICO TESTE
FONTE: (ANDRIOLO, 2014)

Neste sistema, adicionou-se uma usina termelétrica a fim de torná-lo um sistema hidrotérmico. Essa termelétrica adicionada possui potência de 485 MW tendo o gás natural como combustível. Essas características foram baseadas na usina térmica de Araucária, no estado do Paraná. Os limites de geração da usina estão definidos no intervalo entre 0 MW mês sendo o valor de geração mínima e 433 MW/mês sendo o valor de geração máxima.

3.2 DADOS HIDROLÓGICOS

Dentro do método implementado pelo modelo PHOENIX encontra-se a utilização de séries sintéticas que são geradas a partir das series históricas. As séries são variáveis de incerteza no problema de otimização tal como o explicado no item 2.3. A fim de suprimir essas incertezas nos resultados da otimização, para este trabalho serão empregadas apenas as séries de aflúências históricas de cada usina disponibilizadas pelo ONS. Considerou-se o período de 1931 a 2007.

Para a análise de resultados são realizadas as otimizações a partir do ano 1931 até o ano 2007, além disso são avaliados os resultados do despacho para três cenários hidrológicos relevantes: um cenário de seca no período de 1949 a 1953, um cenário de chuvas compreendido entre 1982 e 1986 e um cenário intermédio nos anos 2003 a 2007. No Anexo I, nas tabelas 18, 19 e 20 apresentam-se os dados das séries de aflúências mensais de cada usina a partir do histórico utilizadas no otimizador, para o período de planejamento de 5 anos (60 meses), para cada um dos cenários escolhidos.

4. RESULTADOS

Neste capítulo apresentam-se inicialmente as curvas obtidas que satisfazem e adequam-se aos critérios definidos na seção 2.1 para o custo de geração térmica. Na sequência são exibidos os resultados obtidos com a incorporação da curva de custo no modelo de otimização PHOENIX para o sistema teste escolhido no estudo de caso, analisando o comportamento em relação à atual abordagem. Para isto compara-se os resultados do programa (despacho hidrotérmico) com a função de custo proposta e a utilizada atualmente pelo modelo para os cenários hidrológicos escolhidos. Por último, realiza-se uma análise relacionada ao desempenho computacional da otimização.

4.1 FUNÇÕES DE CUSTO PROPOSTAS

A partir do método implemento ajustaram-se dois formatos de curvas para estimar o custo de geração de energia térmica para serem aplicadas no modelo de otimização: função do tipo mista exponencial e função do tipo racional.

4.1.1 Função de Custo Mista Exponencial

A função de custo mista exponencial expressa na equação (34), é uma função que combina um polinômio de segundo grau e uma função exponencial; possui quatro parâmetros e permite a fácil obtenção de uma derivada, além de permitir gradientes mais fortes do que uma função polinomial pura.

$$Custo = aG_T e^{bG_T} + cG_T^2 + dG_T \quad (34)$$

O formato desta curva é ilustrado na Figura 20. Na Tabela 8 encontram-se os coeficientes a , b , c e d estimados da função custo exponencial e os indicadores de qualidade do ajuste.

TABELA 8 – COEFICIENTES ESTIMADOS DA REGRESSÃO E AVALIADORES DA QUALIDADE DO AJUSTE PARA A FUNÇÃO DE CUSTO MISTA EXPONENCIAL

Coeficientes	SSE	MSE	RMSE	NMSE	R^2
a= 184,3 b= -10,8 c=-0,5561 d= 1,551	4,255E-05	2,364E-06	0,0015375	1,3978E-07	1

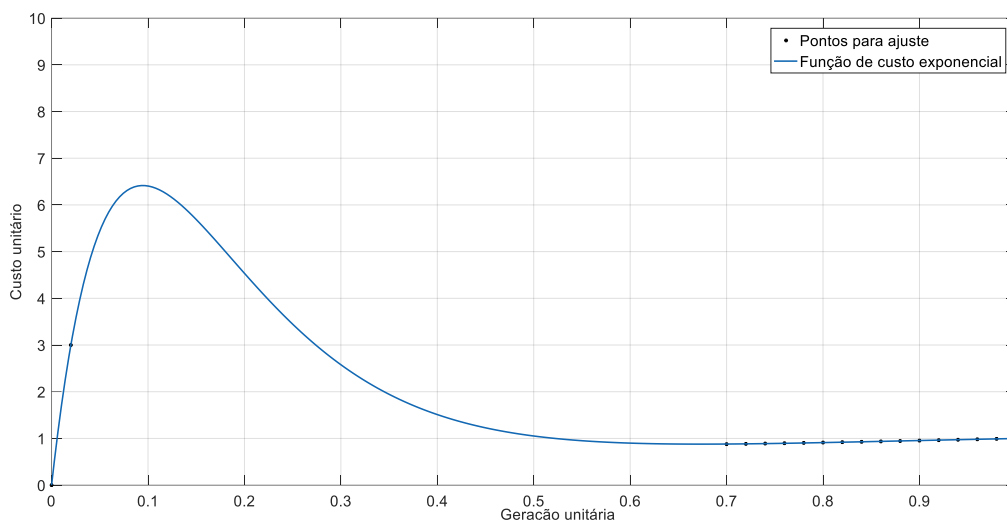


FIGURA 20 – AJUSTE FUNÇÃO EXPONENCIAL
FONTE: O autor (2016)

A grande desvantagem da função de custo mista exponencial consiste no fato que esta somente se ajusta ao formato desejado no intervalo de domínio de zero a um (função unitária), pois quando se utilizam os valores reais de geração térmica no domínio a função perde o formato. Nota-se que o termo exponencial da equação (34), possui o valor da geração térmica como expoente, isto faz com que o resultado cresça rapidamente resultando na perda do formato desejado da função.

Para implementar a função de custo mista exponencial no algoritmo utilizado pelo PHOENIX, seriam necessárias mudanças no código fonte para calcular o custo da usina a cada iteração do algoritmo de otimização, o que pode degradar seu desempenho computacional. Por este motivo, a função de custo do tipo mista exponencial não pôde ser empregada no modelo de otimização PHOENIX.

4.1.2 Função de custo Racional

A função de tipo racional tem formato definido pela razão entre um polinômio de terceiro grau e um polinômio de primeiro grau com quatro parâmetros conforme a equação (35). Este tipo de arranjo atende aos critérios estabelecidos na seção 2.1, pois na faixa de despacho de 0,0 a aproximadamente 0,7 possui concavidade para baixo com um máximo local (simulando a penalidade por despacho de baixa intensidade) e na faixa de aproximadamente 0,7 a 1,0 possui concavidade para cima e um mínimo local (representando de maneira aproximada o ponto no qual a função

deixa de penalizar despachos de baixa intensidade e acompanha o restante da função de custo real).

$$Custo = \frac{aG_T^3 + bG_T^2 + cG_T}{G_T + d} \quad (35)$$

Para a obtenção dos coeficientes a , b , c e d da equação (35), definiu-se um conjunto de pontos que representassem o formato da curva desejada: um ponto na origem, pois geração nula implica custo nulo; o próximo ponto foi definido por um valor que representa um alto custo para baixas gerações (penalização), cerca de três vezes o valor do custo da geração máxima; um ponto intermediário em 40% da geração máxima que propicie uma transição gradual entre a penalização e a geração acima de 70%; por último na faixa de 70% até 100% da geração máxima, os pontos foram definidos a partir do ajuste dos dados expostos por Favoreto (2005) de acordo com a Figura 17. Quando estes valores são submetidos a um ajuste não linear, resultam na função da Figura 21.

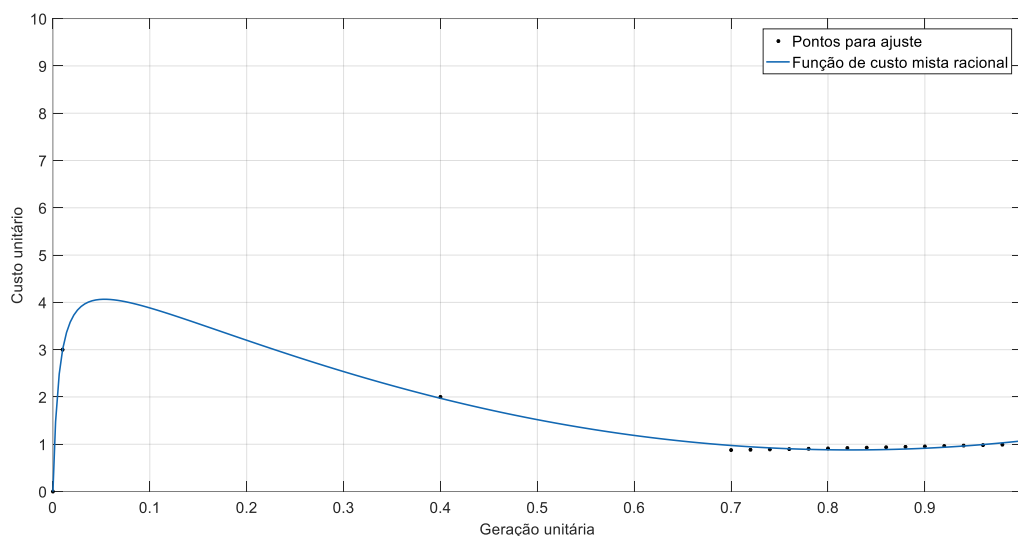


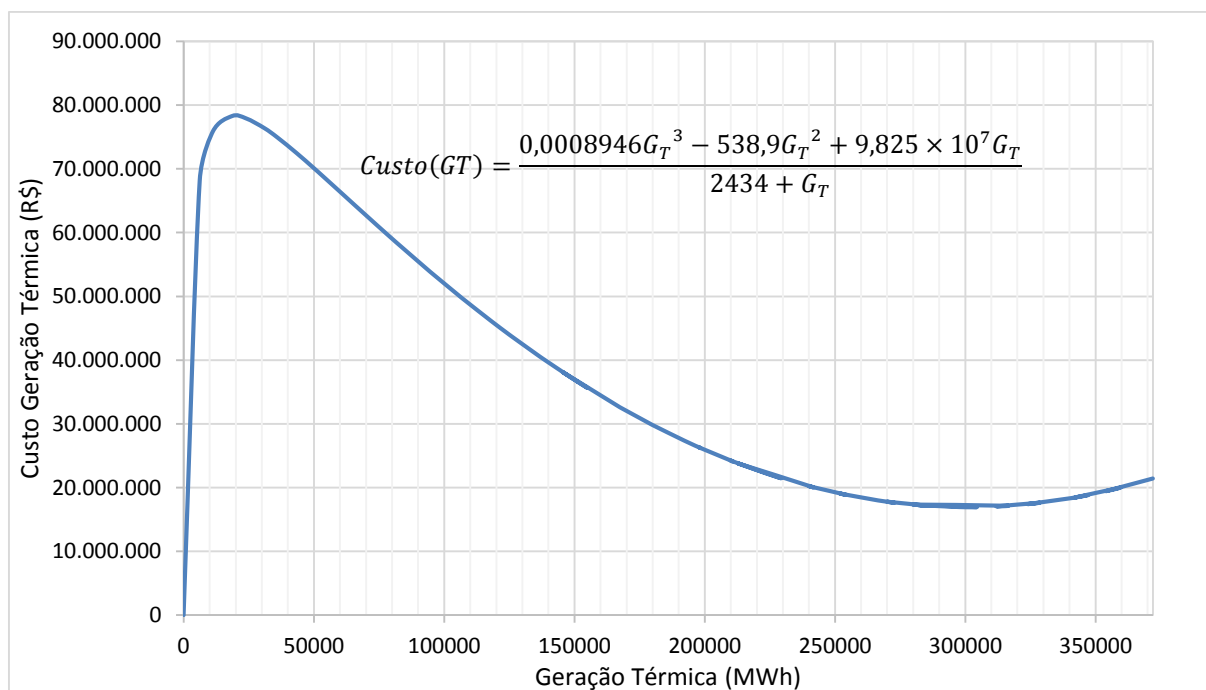
FIGURA 21 – AJUSTE FUNÇÃO RACIONAL
FONTE: O autor (2016)

Na Tabela 9 são exibidos os parâmetros que melhor ajustaram-se ao modelo, assim como os indicadores estatísticos para verificar a qualidade do ajuste.

TABELA 9 –COEFICIENTES ESTIMADOS DA REGRESSÃO E AVALIADORES DA QUALIDADE DO AJUSTE PARA A FUNÇÃO DE CUSTO RACIONAL

Coeficientes	SSE	MSE	RMSE	NMSE	R ²
a=6,197 b=-10,22 c=-5,102 d=0,006665	0,02790805	0,00182937	0,04277112	8,7579E-05	0,9946

Para adaptar a função de custo racional no modelo PHOENIX é necessário desmodularizar a função unitária para que esta modele a usina real, ou seja com os dados de geração e custo reais. Para isto basta multiplicar o despacho pela geração máxima da usina e o custo pelo custo da usina quando opera na máxima capacidade, valores obtidos da Tabela 5. O formato da função desmodularizada exibe-se na Figura 22.

FIGURA 22 –FUNÇÃO DE CUSTO RACIONAL DESMODULARIZADA
FONTE: O autor (2016)

4.2 APLICAÇÃO DA FUNÇÃO DE CUSTO TÉRMICO RACIONAL NO PHOENIX

Para a validação da função de custo de geração térmica foram realizados 73 testes a partir do ano 1931 até 2003, para cada teste é realizada a otimização com um horizonte de planejamento de 60 meses. Para isto foram empregadas as series históricas das afluições dos anos 1931 até 2007.

Dos 73 testes realizados 5 testes não convergiram. Para Marcilio (2014) entende-se por convergir quando o algoritmo de otimização para, uma vez que as restrições do problema foram atendidas, ou seja as condiciones de otimalidade foram satisfeitas. Pode-se atribuir que a não convergência seja inerente ao algoritmo de otimização e não à curva de custo testada, pois mesmo com a curva atualmente empregada pelo modelo de otimização estes 5 testes não convergem. Para o presente trabalho não serão considerados estes resultados, pois representam uma porcentagem pequena, cerca de 6,8% da totalidade dos testes o que não afeta significativamente na análise dos resultados.

A seguir apresenta-se a análise dos resultados obtidos do modelo de otimização PHOENIX nos âmbitos do despacho térmico, déficit energético, tempo e desempenho computacional. Adicionalmente para os três cenários hidrológicos citados no item 3.1, exibem-se os resultados completos do despacho hidrotérmico obtidos pela otimização (geração térmica e hidráulica, afluências, vertimento, volume e déficit).

4.2.1 Resultados do despacho térmico

Para avaliar o comportamento dos resultados do despacho térmico é realizada uma análise comparativa das gerações obtidas com a aplicação da função de custo quadrática e a função racional relacionadas nas tabelas 14 e 15 do Apêndice 1.

O objetivo desta análise baseia-se em identificar as faixas de operação da usina. Para isto foram classificadas em três intervalos de geração: o primeiro quando a usina não está operando, isto é, quando os valores de geração da usina são iguais a zero; o segundo quando a usina gera menos de 70% da sua capacidade máxima, valores menores que 303,18 MW/mês e o terceiro quando a usina gera mais que 70% da capacidade máxima, valores maiores ou iguais a 303,18 MW/mês.

Os resultados de geração térmica do otimizador com a utilização da função quadrática e racional, encontram-se sintetizados na Tabela 10. Estes resultados foram divididos em 11 classes em intervalos de geração de 10% da capacidade máxima da usina. Salienta-se que a primeira classe corresponde as vezes em que a usina não gerou energia, ou seja, geração térmica igual a zero.

TABELA 10 – RESULTADOS DO OTIMIZADOR DE GERAÇÃO TÉRMICA COM A FUNÇÃO QUADRÁTICA E A FUNÇÃO RACIONAL

Classes Geração Térmica (MW mês)	% Geração Térmica	Frequência Quadrática	%	% cumulativo	Frequência Racional	%	% cumulativo
Igual a 0	Igual a 0%	663	16,25%	16,25%	1358	33,28%	33,28%
Maior que 0 a 43,35	Maior que 0%-10%	1597	39,14%	55,39%	140	3,43%	36,72%
43,35 - 86,62	10%-20%	123	3,01%	58,41%	57	1,40%	38,11%
86,62 - 129,94	20%-30%	89	2,18%	60,59%	65	1,59%	39,71%
129,94 - 173,25	30%-40%	85	2,08%	62,67%	136	3,33%	43,04%
173,25 - 216,56	40%-50%	89	2,18%	64,85%	168	4,12%	47,16%
216,56 - 259,87	50%-60%	66	1,62%	66,47%	164	4,02%	51,18%
259,87 - 303,18	60%-70%	81	1,99%	68,46%	133	3,26%	54,44%
303,18 - 346,49	70%-80%	105	2,57%	71,03%	153	3,75%	58,19%
346,49 - 389,81	80%-90%	120	2,94%	73,97%	125	3,06%	61,25%
389,81 - 433,12	90%-100%	1062	26,03%	100,00%	1581	38,75%	100,00%
Total		4080			4080		

As informações contidas na Tabela 10 encontram-se ilustradas no histograma da Figura 23.

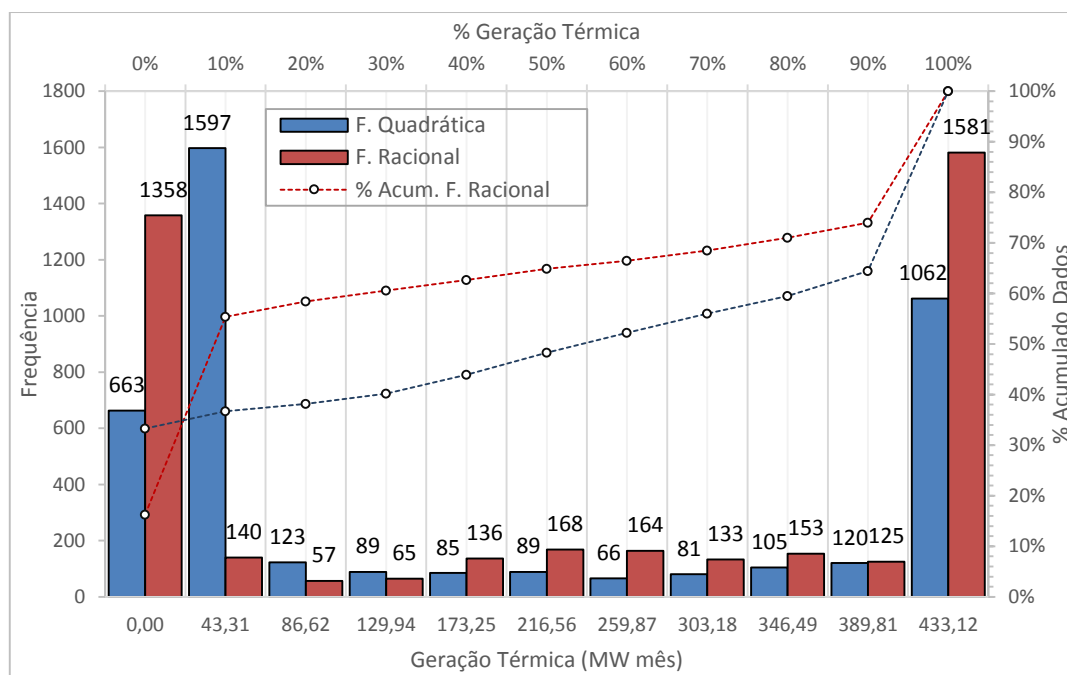


FIGURA 23 – HISTOGRAMA DOS RESULTADOS DE GERAÇÃO TÉRMICA PARA A FUNÇÃO QUADRÁTICA E RACIONAL
FONTE: O autor (2016)

Analisando a Figura 23, nota-se que o despacho térmico apresenta uma melhora com a inclusão da função racional em comparação a atual modelagem, uma vez que evidencia-se a diminuição da operação de baixa intensidade (despachos

abaixo de 70% da capacidade máxima da usina); para a função quadrática, esta ligou 2.130 vezes que corresponde a 52,21% da amostra total e com a função racional ligou 863 vezes que corresponde a 21,15% da amostra total, o que equivale a uma redução de 1.267 vezes no número de ligações abaixo de 70%. Cabe destacar que grande parte da operação com a utilização da função quadrática ocorre em faixas muito baixas de potência, de 0 a 10% o que não acontece na realidade pois a operação de uma usina térmica nesta faixa não é viável operacional nem economicamente.

Por outro lado, pode-se observar que o número de ligações acima de 70% teve um aumento de 572 vezes em relação a função quadrática, pois a usina ligou 1.859 vezes que corresponde a 45,56% da amostra com a função racional e para a função quadrática ligou 1.287 vezes que corresponde a 31,54% da amostra.

Uma das principais vantagens da implementação da curva de custo racional foi o fato de manter a usina um maior número de vezes desligada, nota-se que permaneceu um pouco mais do dobro de tempo desligada (1.358 vezes) comparada com a função quadrática que manteve desligada a usina 663 vezes. Isto repercute diretamente no custo da operação.

4.2.2 Resultados do déficit

Outra variável importante para a avaliação da política de operação de um sistema hidrotérmico além da geração térmica é o déficit. Pois o custo da operação está determinado pela minimização dos custos operacionais das termelétricas e os custos econômicos ocasionados por déficits energéticos.

Os resultados do déficit para as otimizações encontram-se nas tabelas 16 e 17 do Apêndice 1, estando resumidos na Tabela 11. O máximo valor de déficit para a função quadrática foi de 1460,23 MW/mês e para a função racional foi de 1375,52 MW/mês.

TABELA 11 – RESULTADOS DO OTIMIZADOR DE DÉFICIT COM A FUNÇÃO QUADRÁTICA E A FUNÇÃO RACIONAL

Classes Déficit (MW/mês)	Frequência F. Racional	Frequência F. Quadrática
Igual a 0	3673	3649
Maior que 0 - 146	125	153
146 - 292	79	73
292 - 438	48	51
438 - 584	44	46
584 - 730	36	33
730 - 876	26	30
876 - 1022	15	15
1022 - 1168	12	7
1168 - 1314	13	12
1314 - 1460	8	9

A Figura 24 apresenta o histograma com o número de ocorrências em que o otimizador gera déficit, no qual os resultados foram divididos em 11 categorias. Ressalta-se que para a melhor visualização dos dados, os valores no intervalo com déficit igual a zero estão em uma escala dez vezes menor que o restante dos resultados.

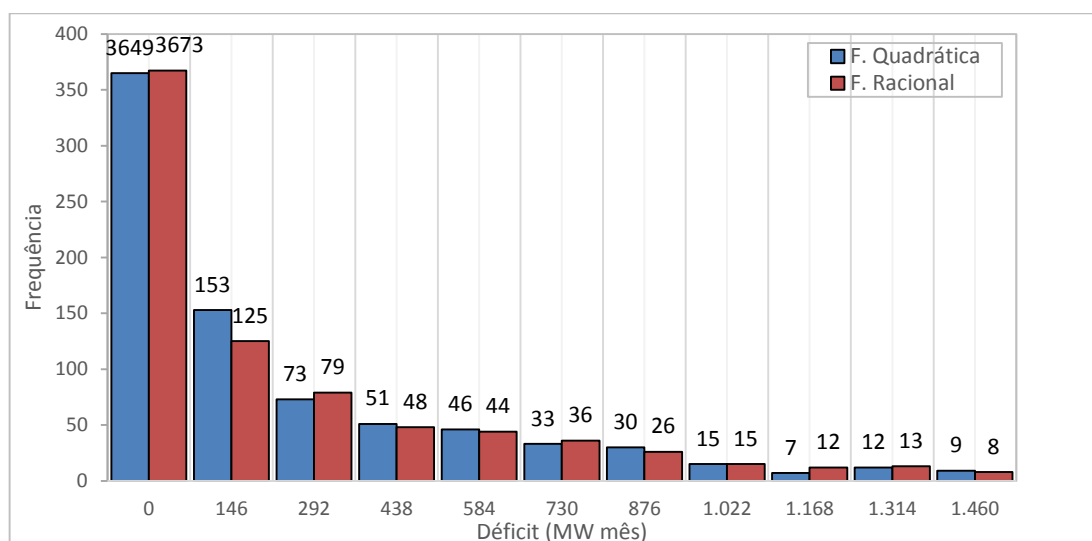


FIGURA 24 – HISTOGRAMA DOS RESULTADOS DE DÉFICIT PARA A FUNÇÃO QUADRÁTICA E RACIONAL
FONTE: O autor (2016)

Observa-se que o número de ocorrências de déficit não mudou significativamente entre as funções quadrática e racional. Em ambas abordagens o déficit ocorreu em aproximadamente 11% do período de planejamento. As ocorrências de déficit vêm sempre acompanhadas de geração térmica máxima. Por consequência

quando a demanda não pode ser atendida pela geração hidráulica e a geração térmica, tem-se o déficit.

O comportamento do déficit será considerado com melhor detalhamento nos resultados do despacho para cada cenário, uma vez que para sua análise é necessária uma avaliação global das variáveis do despacho.

4.2.3 Resultados da operação do sistema hidrotérmico teste para três cenários hidrológicos

Na sequência são apresentados os resultados obtidos do despacho hidrotérmico gerados pelo modelo PHOENIX para o sistema teste, com o período de planejamento de 60 meses. Para entender com maior detalhamento o comportamento da geração térmica em relação a outras variáveis do despacho, foram feitas as otimizações para três cenários hidrológicos diferentes, para a função de custo racional e a quadrática que é atualmente empregada no modelo.

A primeira otimização foi realizada para um período de baixas afluências (seca) compreendido entre os anos 1949 e 1953. Os resultados do despacho para a função quadrática encontram-se ilustrados na Figura 25 e para a função racional na Figura 26.

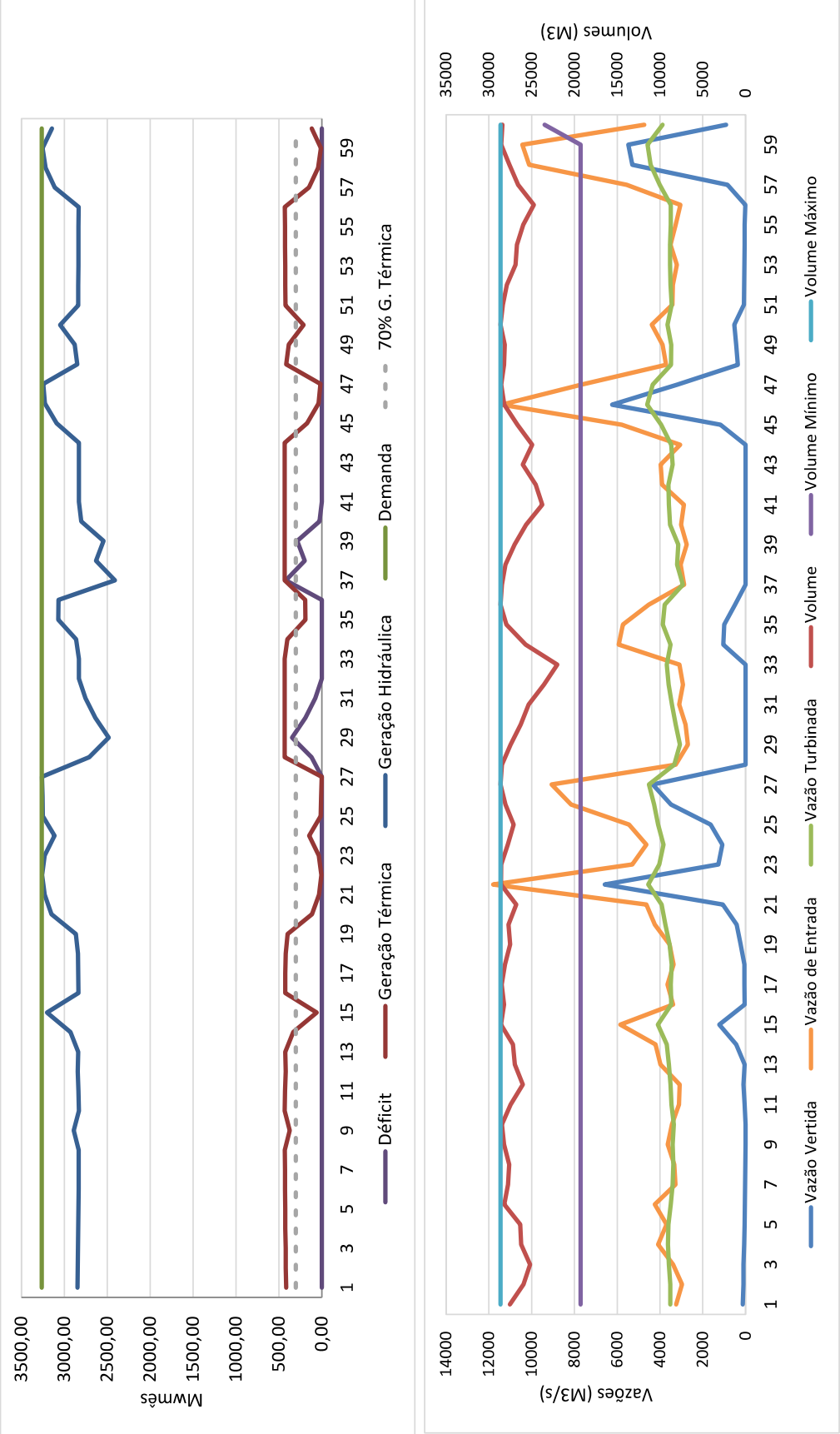


FIGURA 25 – RESULTADO DESPACHO HIDROTÉRMICO DO SISTEMA TESTE, PARA O PERÍODO DE 1949 A 1953 COM A FUNÇÃO DE CUSTO TÉRMICA QUADRÁTICA7
FONTE: O autor (2017)

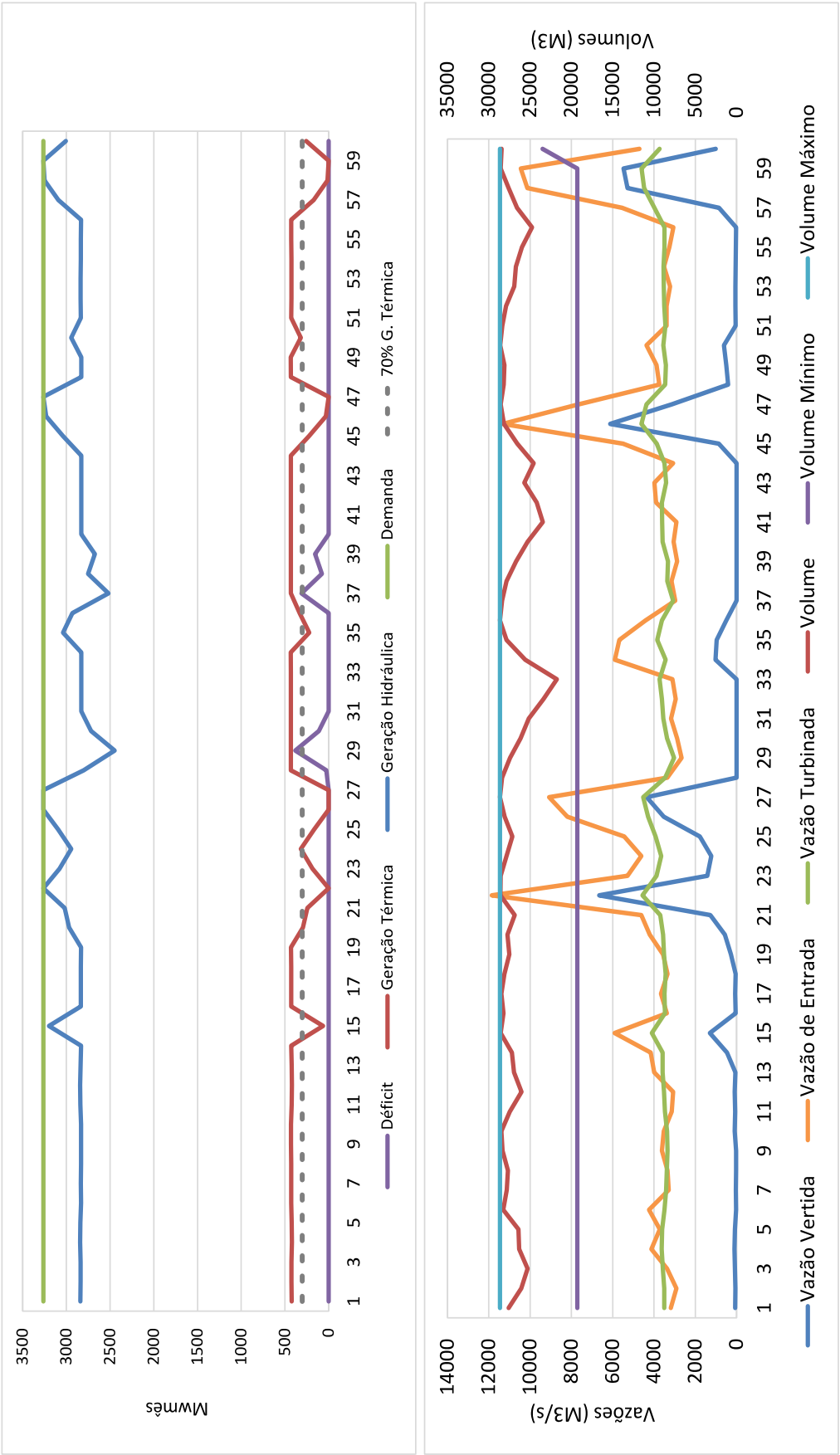


FIGURA 26 – RESULTADO DESPACHO HIDROTÉRMICO DO SISTEMA TESTE, PARA O PERÍODO DE 1949 A 1953 COM A FUNÇÃO DE CUSTO TÉRMICA RACIONAL

FONTE: O autor (2016)

Pode-se constatar que para ambos casos a geração térmica é influenciada pelas afluições, pois quando tem um período de altas afluições a geração térmica diminui e quando as afluições tendem a baixar a geração térmica aumenta. O despacho térmico aumenta com o emprego da função racional; nota-se que as gerações para os meses 9, 14, 18, 19, 24, 34, 48 e 49 apresentam maiores valores e uma tendência mais uniforme comparada com a função quadrática. Nos meses 24 e 50 a função quadrática apresentou valores de geração térmica abaixo de 70%, já a função racional apresentou uma melhora para estes meses, uma vez que o despacho se manteve conforme o desejado (acima de 70%). Mesmo com essa melhora a função racional ainda apresenta valores abaixo de 70%. Isto pode ser explicado analisando o volume dos reservatórios, pois no evento em que acontece uma chuva (altas afluições) depois de um período de seca o algoritmo prefere armazenar água e aumentar o volume dos reservatórios. A parcela de água que não é usada nos reservatórios é turbinada para gerar energia hidráulica e o que falta para atender a demanda é suprido com energia térmica. Nestes eventos, o montante necessário para suprir a demanda equivale a geração térmica abaixo da faixa dos 70%.

Observa-se que para ambas funções ocorre déficit energético. O máximo valor de déficit para a função quadrática foi de 419 MW/mês, com o emprego da função racional o máximo valor de déficit diminuiu para 381 MW/mês. Nas situações em que ocorrem déficit, este está sempre precedido de quedas nas afluições e acompanhado de geração térmica máxima. O déficit poderá então ser minimizado pela geração hidráulica, porém nesta situação, como há uma tendência de queda na afluição a otimização gera menos energia hidráulica privilegiando o armazenamento nos reservatórios.

A otimização para o cenário de chuvas (altas afluições) foi realizada para o ano 1982 a 1986. Os resultados destas otimizações encontram-se na Figura 27 e Figura 28 para a função quadrática e para a função racional respectivamente.

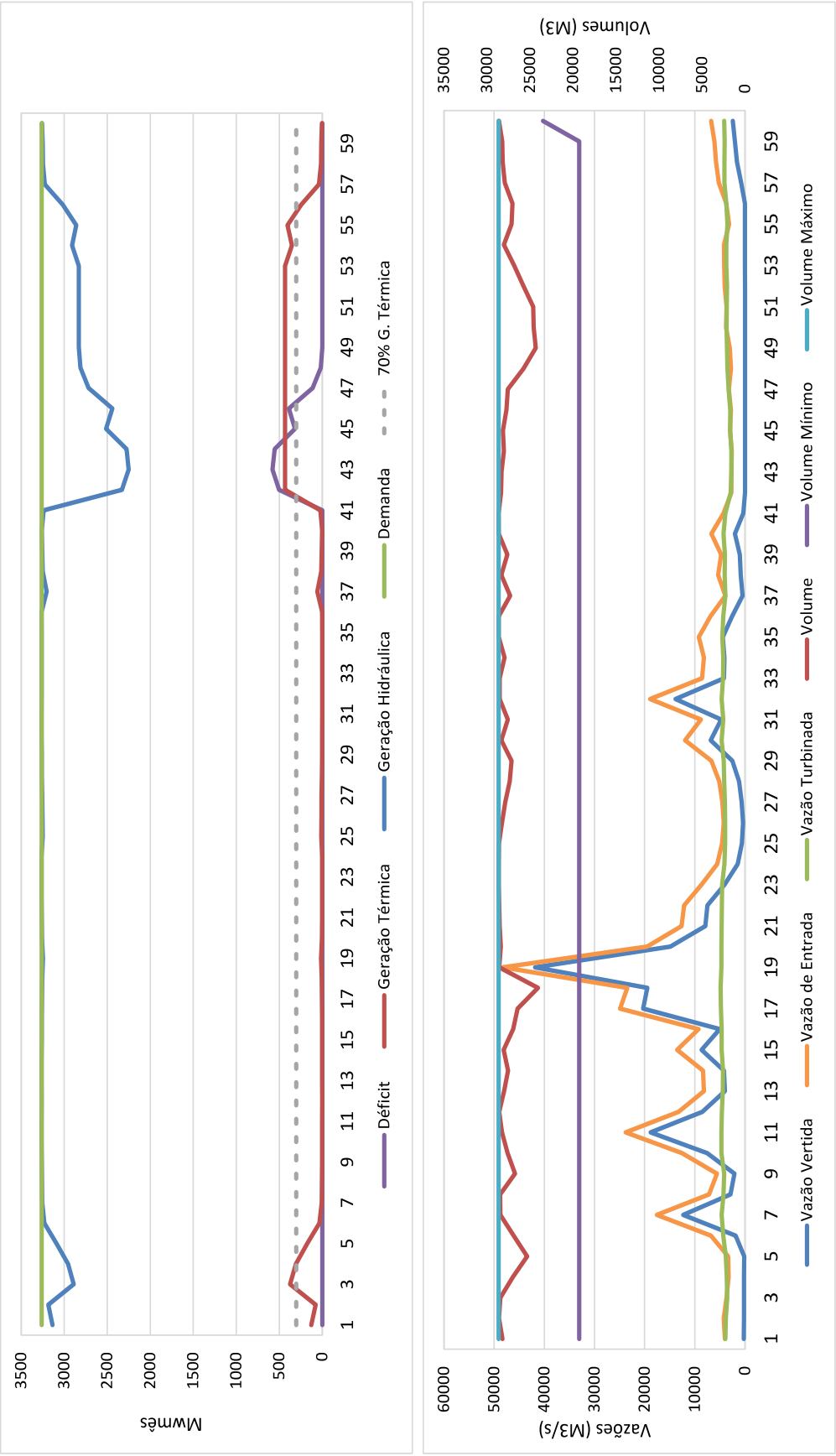


FIGURA 27 – RESULTADO DESPACHO HIDROTÉRMICO DO SISTEMA TESTE, PARA O PERÍODO DE 1982 A 1986 COM A FUNÇÃO DE CUSTO TÉRMICA QUADRÁTICA
FONTE: O autor (2016)

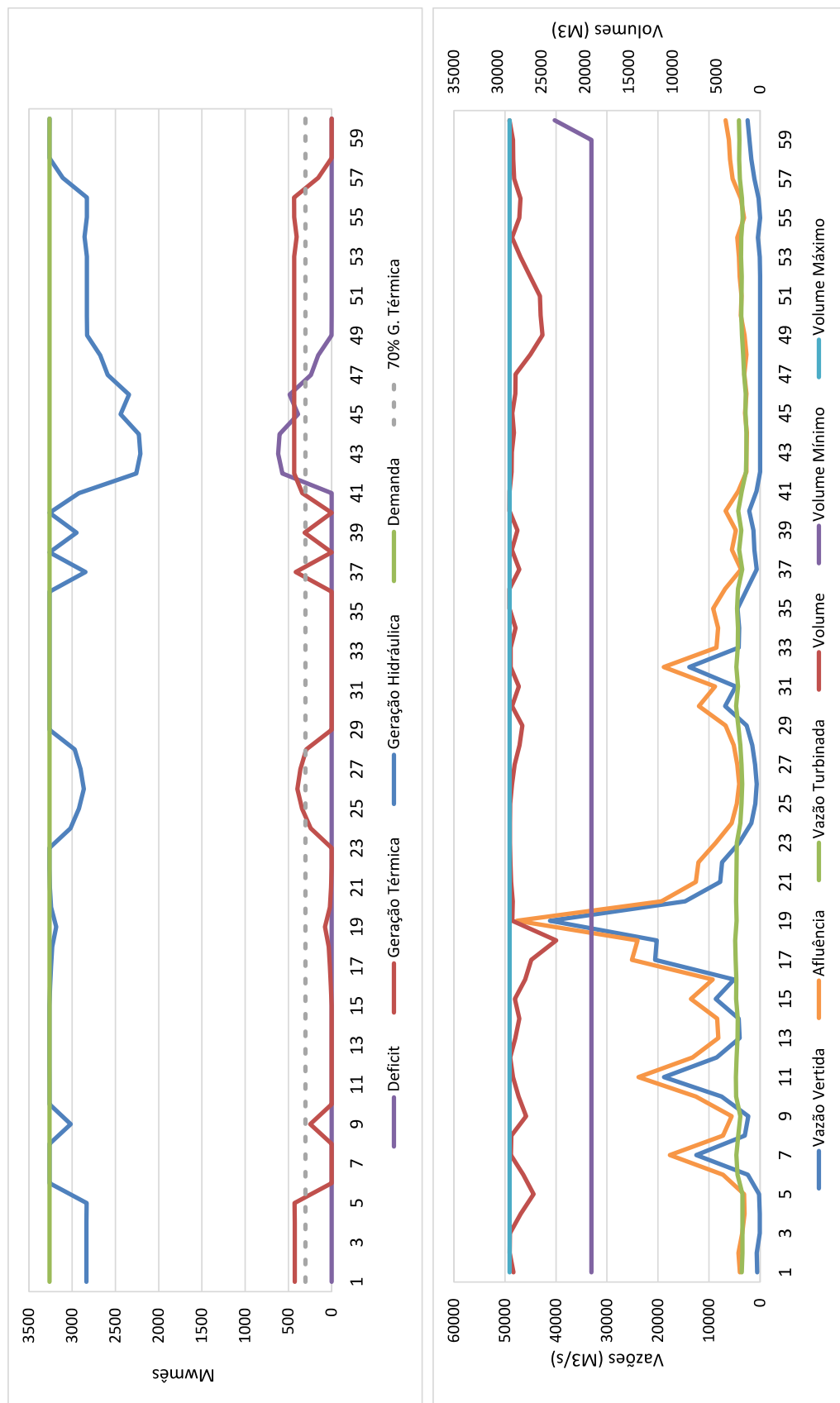


FIGURA 28 – RESULTADO DESPACHO HIDROTÉRMICO DO SISTEMA TESTE, PARA O PERÍODO DE 1982 A 1986 COM A FUNÇÃO DE CUSTO TÉRMICA RACIONAL
 FONTE: O autor (2016)

Pode-se observar que nos meses 6 a 41, período no qual ocorrem as maiores afluências dentro deste cenário, o comportamento do despacho térmico com a função quadrática é uniforme próximo a zero, porém ao analisar os dados de gerações para a otimização no ano 1982 na Tabela 14 do Apêndice 1, nota-se que os valores de despacho não são zero. Neste período o despacho térmico apresenta valores muito pequenos que em usinas reais não seriam viáveis, pois estariam indicando que a usina está operando com potências muito baixas, mesmo que o custo seja muito baixo não é o que acontece na realidade.

Com a função racional o despacho térmico apresentou valores abaixo de 70% e estes foram precedidos pelo declínio nas afluências. No mês 19 foi observada a maior afluência; esperava-se que com isso não ocorresse geração térmica, porém apresentou-se despacho térmico abaixo de 70% tanto com a função quadrática como com a função racional. Uma das possíveis causas deve-se ao vertimento que conduz a níveis a jusante da barragem elevadas diminuindo a carga hidráulica e como consequência diminuindo a geração hidráulica.

Por outro lado a geração térmica com a função racional conseguiu melhorar o despacho térmico e operar acima de 70% para os meses 25, 26, 27, 28, 37 e 39, mas ainda assim continua apresentando despachos abaixo de 70%.

Uma das maiores preocupações da otimização com a função de custo racional ocorre para os meses 9, 24, 25, 26, 27, e 28 nos quais a decisão do otimizador é gerar energia térmica simultaneamente com vertimento. Isso vai contra os princípios da operação econômica uma vez que a vazão vertida poderia estar sendo turbinada para gerar energia de fonte hidráulica que tem custo nulo.

Quando as afluências atingem certos valores precedido de queda (mês 26, 37, 39 e 41) a usina térmica é ativada. Nota-se que na função racional a usina operou com valores acima ou próximos de 70% e nestes mesmos pontos a função quadrática operou com valores muito pequenos perto de zero.

A partir do mês 41, no qual as afluências permaneceram mais estáveis a geração térmica em ambas funções se manteve constantes próximo de 100%, assim como o cenário de seca que apresentou déficit em conjunto com a usina térmica operando a plena carga.

Observa-se que para ambos casos houve déficit de energia, com a função racional gerando o déficit maior (3.059 MW mês), comparado com a função quadrática (2.468 MW mês). Isto basicamente pode estar relacionado à otimização pois mesmo que nos dois casos as usinas térmicas operem com o mesmo valor de geração térmica com a função racional diminui o valor da geração hidráulica.

Por último é avaliado o despacho para um cenário intermediário, para isto foi escolhido o ano 2003 a 2007, para os quais os resultados da otimização para a função quadrática encontra-se na Figura 29 e para a função racional na Figura 30.

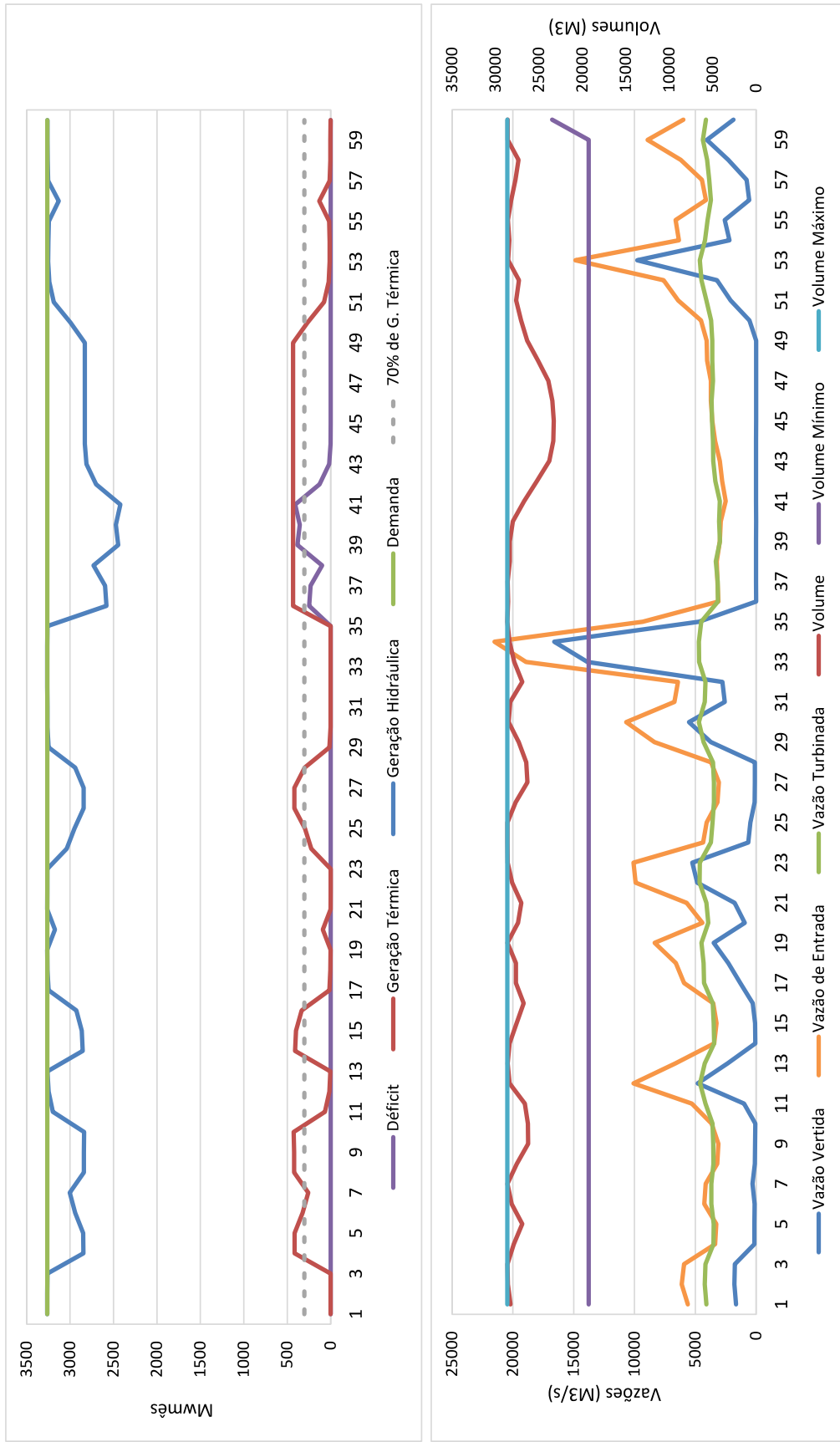


FIGURA 29 – RESULTADO DESPACHO HIDROTÉRMICO DO SISTEMA TESTE, PARA O PERÍODO DE 2003 A 2007 COM A FUNÇÃO DE CUSTO TÉRMICA QUADRÁTICA
 FONTE: O autor (2016)

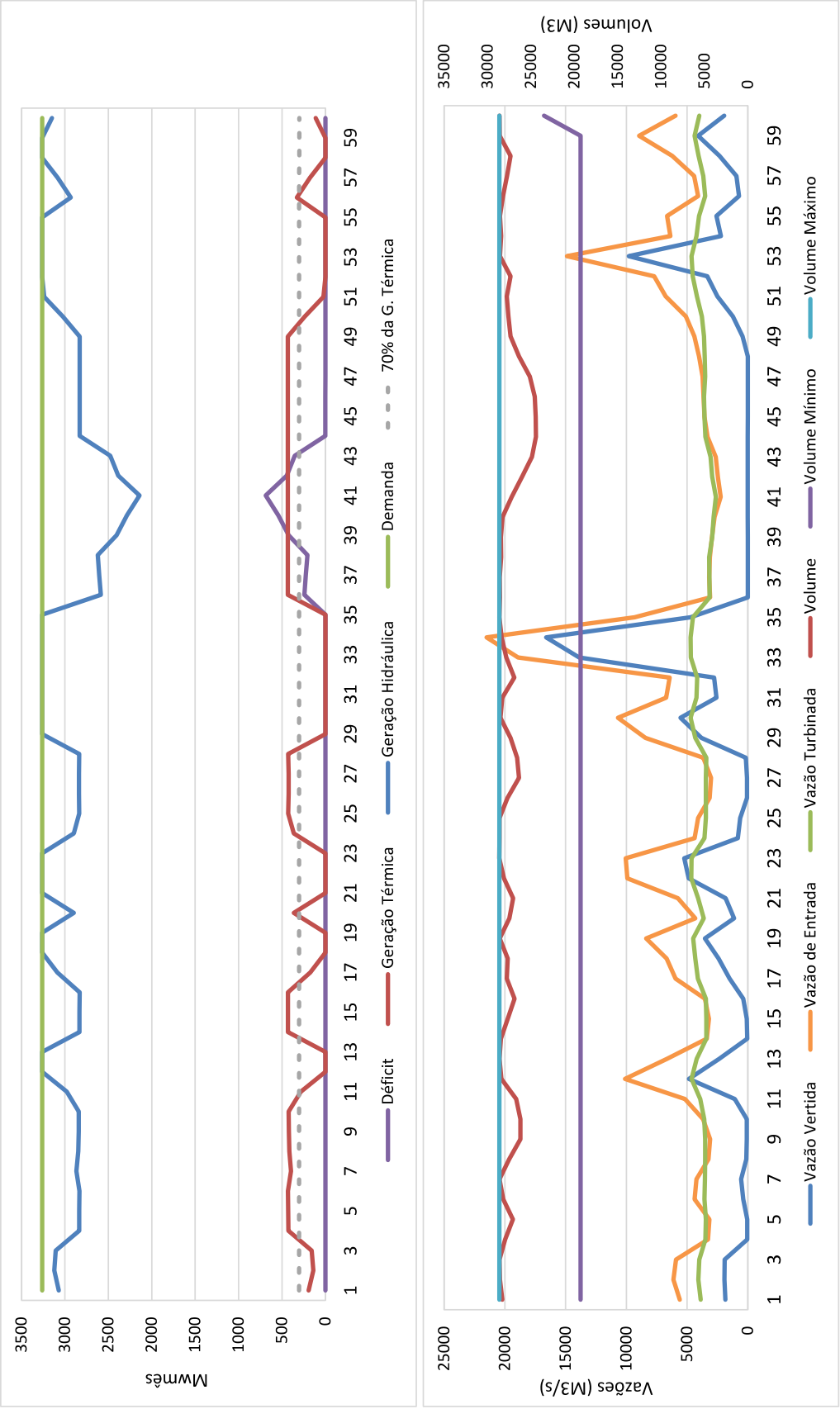


FIGURA 30 – RESULTADO DESPACHO HIDROTÉRMICO DO SISTEMA TESTE, PARA O PERÍODO DE 2003 A 2007 COM A FUNÇÃO DE CUSTO TÉRMICA RACIONAL
FONTE: O autor (2016)

Com o emprego da função racional neste cenário, a geração térmica teve o comportamento esperado, pois a operação de baixa intensidade observada com a função quadrática foi aprimorada com a função racional. Observa-se na Figura 29 que nos meses 7, 24, 25 e 28 ocorreram despachos de geração abaixo de 70% e com o emprego da função racional estes valores aumentaram acima de 70% da geração máxima. Por sua vez, nos meses onde a otimização com a função quadrática apresentou valores de geração próximos de zero (meses 11 a 15, 17 a 21, 29 a 35 e 51 a 60) com a implementação da função racional os despachos nestes meses foram para zero, apresentando uma melhora, uma vez que valores de despacho próximos de zero não são viáveis operacional nem economicamente.

Diferentemente do cenário de chuvas, para este cenário ocorreu geração térmica conjuntamente com vertimento para ambas funções de custo, ou seja, não foi uma exclusividade da função racional, o que poderia indicar que este problema seja próprio do otimizador. Este contexto ocorreu para os meses 11, 20 e 56 nota-se que em ambos casos o otimizador poderia ter optado por turbinar mais água e gerar mais energia hidráulica.

Com relação ao déficit para este cenário pode-se observar que o teve um maior valor com a função racional (3.127 MW mês) comparado com a função quadrática (1,873 MW mês). Uma das principais causas deve-se à vazão de entrada, pois ao analisar o mês 41 que foi o mês que apresentou o maior pico de déficit para os dois casos, a função racional apresentou menor vazão de entrada comparado com a função quadrática. Com isto consegue turbinar um menor volume de água e deste modo gerar menor energia hidráulica. Como a geração máxima térmica será a capacidade máxima da usina para os dois casos, a diferença de energia para suprir a demanda neste caso será maior com a função racional.

4.2.4 Análise do aspecto computacional

Uma das principais preocupações em sistemas de planejamento por usinas individualizadas é o tempo computacional, pois esta representação envolve um número grande de estados, que por sua vez geram muitas soluções resultando em um número maior de iterações para resolver o problema.

Para avaliar o modelo em termos de eficiência computacional foram comparados os tempos das otimizações com o emprego da função quadrática e a função racional, tal como mostrado na Figura 31.

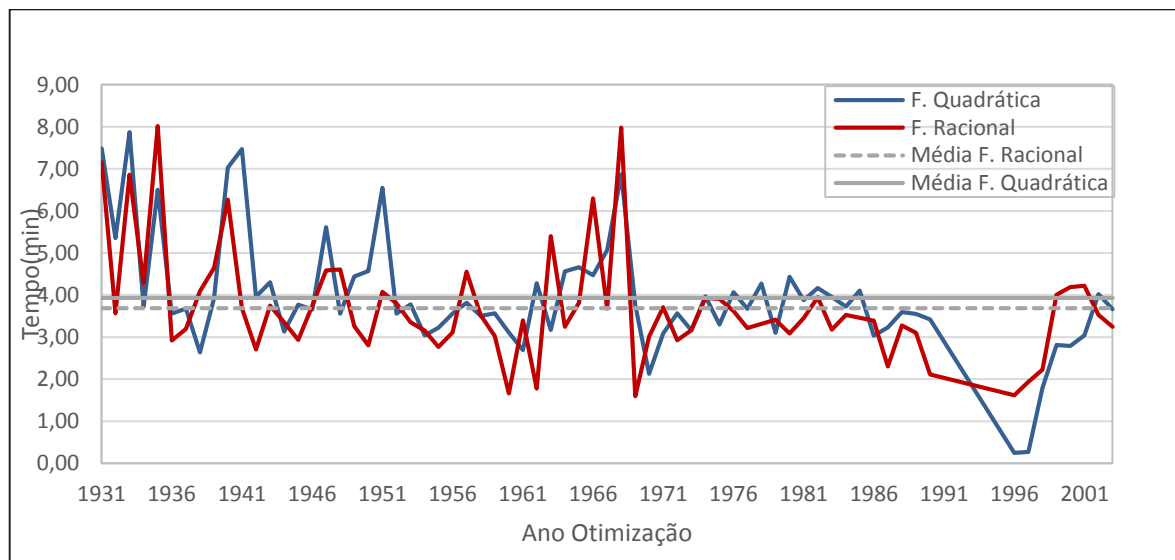


FIGURA 31 – COMPARAÇÃO TEMPO COMPUTACIONAL COM A UTILIZAÇÃO DA FUNÇÃO QUADRÁTICA E A FUNÇÃO RACIONAL
FONTE: O autor (2016)

O computador utilizado para executar o modelo apresenta as seguintes especificações: processador Intel® Core™ i5 de 1,70 GHz e 2,40 GHz, 4 GB de memória RAM e sistema operacional de 64 bits. O tempo de processamento da totalidade dos testes (sem considerar as otimizações dos anos 1991 até 1995) para a atual abordagem do custo térmico foi de 4 horas 46 minutos, já para o caso com a incorporação da função racional o tempo de execução foi de 4 horas e 14 minutos. Na Tabela 12 encontram-se relacionados os tempos de execução para cada otimização com as funções de custo quadrática e racional.

TABELA 12 – TEMPO COMPUTACIONAL DAS OTIMIZAÇÕES (continua)

Otimização	Tempo (min)		Otimização	Tempo (min)	
	F. Quadrática	F. Racional		F. Quadrática	F. Racional
1931	7,49	7,16	1939	3,92	4,64
1932	5,35	3,56	1940	7,03	6,27
1933	7,88	6,86	1941	7,47	3,69
1934	3,72	4,28	1942	3,96	2,71
1935	6,50	8,02	1943	4,30	3,75
1936	3,56	2,92	1944	3,14	3,35
1937	3,68	3,19	1945	3,77	2,94
1938	2,64	4,09	1946	3,66	3,75

(conclusão)					
Otimização	Tempo (min)		Otimização	Tempo (min)	
	F. Quadrática	F. Racional		F. Quadrática	F. Racional
1947	5,62	3,42	1973	3,16	3,16
1948	3,56	3,49	1974	3,97	3,93
1949	4,44	3,27	1975	3,30	3,91
1950	4,57	2,81	1976	4,07	3,62
1951	6,55	4,08	1977	3,68	3,21
1952	3,56	3,80	1978	4,27	3,31
1953	3,78	3,35	1979	3,11	3,41
1954	3,04	3,16	1980	4,43	3,09
1955	3,23	2,77	1981	3,88	3,45
1956	3,56	3,11	1982	4,17	3,95
1957	3,82	4,56	1983	3,96	3,18
1958	3,50	3,52	1984	3,72	3,53
1959	3,57	3,02	1985	4,11	3,46
1960	3,11	1,66	1986	3,03	3,39
1961	2,69	3,40	1987	3,23	2,31
1962	4,28	1,78	1988	3,59	3,28
1963	3,17	5,40	1989	3,55	3,10
1964	4,56	3,24	1990	3,42	2,11
1965	4,66	3,81	1996	0,25	1,62
1966	4,47	6,30	1997	0,27	1,94
1967	5,07	3,68	1998	1,79	2,23
1968	6,87	7,98	1999	2,82	4,01
1969	3,76	1,60	2000	2,79	4,19
1970	2,13	3,01	2001	3,04	4,22
1971	3,09	3,71	2002	4,03	3,53
1972	3,57	2,92	2003	3,67	3,25

Ao analisar os resultados das otimizações que apresentaram valor máximo, mediano e mínimo de tempo, correspondentes aos anos 1996, 1935 e 1971 como mostra a Tabela 13, percebe-se que o tempo de processamento depende das afluições, pois à medida que diminui a disponibilidade de recursos hídricos se deteriora o desempenho computacional do modelo.

TABELA 13 – COMPARAÇÃO DAS OTIMIZAÇÕES EM RELAÇÃO AO TEMPO DE PROCESSAMENTO

Ano	1996	1971	1935
Média Afluições	3.066	2.956,5	1.948,5
Geração Hidráulica	188.183,11	186.015,22	181.269,68
Geração Térmica	7.588,96	9.757,29	14.018,14
Déficit	0,00	0,00	484,69
Tempo	1,62	3,71	8,02

Por último a incorporação da função racional apresentou uma redução no tempo de processamento de cerca de 32 minutos, esta diminuição pode-se dever a que com o emprego da função quadrática o modelo demora mais tempo decidindo como otimizar com a possibilidade de gerar entre 0% e 70%, enquanto que a função racional foge diretamente dessa região. Isto pode implicar em melhoras significativas no desempenho computacional quando a otimização é realizada contemplando todas usinas do SIN.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Na operação de um sistema hidrotérmico deseja-se atender a demanda com o menor custo possível. Para isso, os custos de geração térmica são de suma importância para que o despacho seja o mais econômico possível. Neste sentido, apresentou-se neste trabalho uma modelagem empírica para a obtenção da função de custo de geração termelétrica a gás que seja adequada à modelagem individualizada por usinas para modelos de otimização não linear. O método empregado teve como premissas penalizar despachos de baixa intensidade e representar de maneira mais fiel o comportamento real dos custos de geração térmica. Com isso este trabalho propôs a inclusão de duas funções, uma função tipo mista exponencial e uma função tipo racional.

A função de custo mista exponencial foi rejeitada pois não apresentou comportamento adequado, devido a que perde o formato para o intervalo de domínio com valores reais de geração. Por outro lado, a função de custo racional atendeu as premissas para ser utilizada no modelo PHOENIX, já que uma das preocupações da utilização de funções não estritamente convexas em modelos de otimização não-linear implicam na existência de mínimos locais e regiões viáveis limitadas, dificultando tanto a convergência de algoritmos de otimização quanto a estimativa do ponto inicial da busca numérica. Embora a função de custo proposta tenha apresentado bom comportamento na otimização, esta ainda não conseguiu evitar despachos de baixa intensidade, ou seja, ainda houve despachos na faixa entre zero e 70% da capacidade máxima da usina. Esta característica é inerente ao algoritmo de otimização e pode estar ligada a como o programa trata a tomada de decisão do armazenamento em função das afluências. Além disso, despachos nessa faixa podem estar relacionados com montantes pequenos de energia a ser gerada para o completo atendimento a demanda do período.

Como tentativa de evitar os despachos de baixa intensidade que ainda ocorreram, foram testados valores de custo de penalização 10 e 20 vezes maiores que o custo real da usina quando opera com a capacidade máxima, porém não foram observadas melhoras significativas. Para valores de penalização maiores que 20 vezes o custo de geração máxima da usina, a função de custo perde o formato desejado.

Uma das principais dificuldades para o desenvolvimento deste trabalho está relacionado à indisponibilidade de dados de custos reais de operação de usinas termelétricas e custos ambientais, forçando a utilização de valores aproximados e fictícios o que limitou uma análise mais profunda do problema. Nesse sentido são necessários novos trabalhos para obtenção de custos reais de operação que englobem usinas termelétricas de diferentes tipos de combustível que permitam uma representação global do despacho hidrotérmico no Brasil.

Uma característica generalizada no comportamento da geração térmica com a função de custo quadrática é que esta opera com despachos em faixas de potência muito baixas, próximas de zero; na otimização esta característica seria aceitável uma vez que os custos são baixos, porém em um contexto prático, despachos desta intensidade fogem da operação de uma usina termelétrica real. Com o emprego da função racional, os despachos próximos de zero apresentados com a atual modelagem tenderam a geração nula. Para incorporar as restrições de operação das usinas termelétricas (geração mínima, custos de partida e desligamento e custos ambientais) com melhor detalhamento, seria recomendável o emprego de simulação inteligente ou outro tipo de técnicas como, recozimento simulado ou algoritmos genéticos.

A função racional apresentou uma característica de ativar e desligar a usina termelétrica em meses subsequentes. Esta não é uma característica de operação desejada, pois o ideal seria manter a usina em um mesmo estado de operação e não variar sua carga em meses subsequentes.

No que diz com respeito ao déficit, não houve mudanças significativas entre as duas abordagens, pois este sempre ocorre quando as gerações hidrelétrica e termelétrica não conseguem suprir a demanda. Uma característica em comum foi a ocorrência de déficit sempre em conjunto com geração térmica máxima. Isto é um resultado que valida o método desenvolvido, ou melhor, é um resultado consistente com o que deve acontecer com a operação real.

Uma avaliação do desempenho entre as duas abordagens seria a comparação dos custos de geração térmica, porém esta análise não é possível uma vez que a função racional engloba um custo fictício para penalizar a operação abaixo de 70% de

geração máxima o que eleva sobremaneira os custos do despacho hidrotérmico nessa faixa. Isto só seria possível quando se emprega simulação para validar os resultados.

REFERÊNCIAS

ABRADEE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA. Sistema Interligado. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br>>. Acesso em: 21 de abril de 2016.

ADHIKARI, R., AGRAWAL, R. K. **An Introductory Study on Time Series Modeling and Forecasting**. Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. p. 42-45.

ANDRIOLO, R. F. **Acoplamento Elétrico Energético no Planejamento da Operação em Médio Prazo com Restrição de Transmissão**. Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlás de Energia Elétrica do Brasil**. 3ª ed. Brasília: ANEEL, 2008. cap. 3. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/atlas3ed_.pdf>. Acesso em: 25 de abril de 2016.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Banco de Informações de Geração - BIG. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br>>. Acesso em: 30 de marzo de 2016.

ARISTIZÁBAL, J. D. C. **Técnicas de Dualidade e Programação Não-Linear Inteira-Mista aplicadas ao Programa diário da Operação Eletroenergética**. Dissertação de Mestrado - Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

BAYÓN, L.; GRAU, J. M.; RUIZ, M. M.; SUÁREZ, P. M. New Developments on Equivalent Thermal in Hydrothermal Optimization: An Algorithm Of Approximation. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, v. 175, p. 63-75, 2005.

BESSA, M. R.; VALLEJOS, C. A. V.; DETZEL, D. H. M; MINE, M. R. M.; MARCÍLIO, D. C.; OENING, A. P.; MATIOLI, L. C.; HAAS, P.; FERNANDES, T. S.P.; SILVA, F.; DIRENE, A. I.; COELHO, M. C.; GUERRA, F. A.; BLOOT, M. L.; CARNEIRO, C. F. B., DE GEUS, K. Otimização do despacho hidrotérmico mediante algoritmos híbridos com computação de alto desempenho: modelo PHOENIX. In: **VII Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (VII CITENEL)**. Rio de Janeiro, RJ.2013.

BLOCH, H. P.; SINGH, M. **Steam Turbines: Design, Application, and Re-Rating**. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 2009. p. 2-21.

BRASIL. Lei N° 13.097, 19 de janeiro de 2015. **Portal da Legislação**, Brasília, DF, 19 jan. 2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13097.htm>. Acesso em: 7 de abril de 2016.

BRASIL. ANEEL. **Resolução Normativa nº 673 de 4 de agosto de 2015.** Estabelece os requisitos e procedimentos para a obtenção de outorga de autorização para exploração de aproveitamento de potencial hidráulica com características de Pequena Central Hidrelétrica – PCH. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/ren2015673.pdf>>. Acesso em: 8 de março de 2017.

BUSSAB, W. DE O; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica.** 8th ed. São Paulo: Saraiva, 2014.

CAMPOS, A. D. S. V. **Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica.** Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

CANALES, F. A.; BELUCO, A.; MENDES, C. A. B. Usinas hidroelétricas reversíveis no Brasil e no mundo: aplicação e perspectivas. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM**, v. 19, n. 2, p. 1230–1249, 2015.

CCEE - CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Visão Geral das Operações na CCEE.** 2010. Disponível em: <http://www.ufjf.br/andre_marcato/files/2010/06/Visao_Geral_das_Operacoes_CCEE_2010.pdf>. Acesso em: 25 de abril de 2016.

CCEE - CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Informações ao Mercado – InfoMercado Mensal.** 2016. Disponível em: <<http://www.ccee.org.br>>. Acesso em: 4 de maio de 2016.

CEPEL - CENTRO DE PESQUISA DE ENERGIA ELÉTRICA. **Modelo DECOMP CEPEL: Manual de Referência.** 2001. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/arquivos/pdf/Manual_Referencia_DECOMP.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2016.

CEPEL - CENTRO DE PESQUISA DE ENERGIA ELÉTRICA. **Manual de Referência NEWAVE.** 2002. Disponível em: <http://iie.fing.edu.uy/simsee/biblioteca/Brasil/NW201203/ManualReferencia_Newave_comentado.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2016.

CEPEL - CENTRO DE PESQUISA DE ENERGIA ELÉTRICA. **Manual de Referência do Modelo DESSEM.** 2003. Disponível em: <http://iie.fing.edu.uy/simsee/biblioteca/Brasil/NW201203/ManualReferencia_Newave_comentado.pdf>. Acesso em: 22 de abril de 2016.

CHAPRA, S. C.; CANALE, R. P. **Métodos Numéricos para Engenharia.** 5ª ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2008. p. 451-537.

CICOGNA, M. A. **Modelo de Planejamento da Operação Energetica de**

Sistemas Hidrotermicos a Usinas Individualizadas Orientado por Objetos. Dissertação de Mestrado - Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução No 436, de 22 de dezembro de 2011. Brasil.

CUBEROS, F. L. **Novo Modelo Institucional do Setor Elétrico Brasileiro: Análise dos Mecanismos de Mitigação de Riscos de Mercado das Distribuidoras**, Dissertação de Mestrado - Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

DINIZ, A. L.; ESTEVES, P. P. I.; SAGASTIZÁBAL, C. A. A Mathematical Model for The Efficiency Curves of Hydroelectric Units. **IEEE - Power Engineering Society General Meeting, PES**, p. 1–7, 2007.

DINIZ, A. L.; MACEIRA, M. E. P. A four-dimensional model of hydro generation for the short-term hydrothermal dispatch problem considering head and spillage effects. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 23, n. 3, p. 1298–1308, 2008.

DJUROVIC, M. Z.; MILACIC, A.; KRSULJA, M. A simplified model of quadratic cost function for thermal generators. Annals of DAAAM for 2012 & Proceedings of the 23rd International DAAAM Symposium **Anais**. v. 23, p.25–28, Vienna, 2012.

DOMINGUES, M.; SIMÕES, D. P. Decisão de Sazonalização de Contratos de Fornecimento de Energia Elétrica no Brasil através da Otimização da Medida Ômega (Ω). **Revista Eletrônica de Administração (Porto Alegre)**, v. 17, p. 181–203, 2011.

DUARTE, V. S. **Teoria da Decisão Aplicada ao Planejamento da Operação do Sistema Hidrotérmico Brasileiro**. Tese de Doutorado - Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

EL-HAWARY, M. E.; CHRISTENSEN, G. S. **Optimal economic operation of electric power systems**. New York: Academic Press, 1979. p.11-21.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário Estatístico de Energía Elétrica 2011**. Disponível em: < <http://www.epe.gov.br/Estudos/Paginas>>. Acesso em: 4 de outubro de 2016.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário Estatístico de Energía Elétrica 2014**. Disponível em: < <http://www.epe.gov.br/Estudos/Paginas>>. Acesso em: 4 de outubro de 2016.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **BEN - Balanço Energético Nacional**. 2015. Disponível em: < <https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: 15 de abril de 2016.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Energia Termelétrica: Gás**

natural, Biomassa, Carvão, Nuclear. 2016. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Documents/>>. Acesso em: 17 de maio de 2016.

FAVORETO, R. D. E. S. **Estratégias de Planejamento Empresarial: Tratamento de Incertezas de uma Empresa de Geração no Sistema Elétrico Brasileiro.** Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

FINARDI, E. C. **Planejamento da Operação de Sistemas Hidrotérmicos Utilizando Computação de Alto Desempenho.** Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

FINARDI, E. C.; SILVA, E. L. DA. Unit Commitment of Single Hydroelectric Plant. **Electric Power Systems Research**, v. 75, n. 2-3, p. 116–123, 2005.

Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN). Diretoria de Desenvolvimento Econômico e Associativo. **Expediente: A Expansão das Usinas a Fio d'Água e o Declínio da Capacidade de Regularização do Sistema Elétrico Brasileiro.** 2013. Disponível em: <<http://www.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8F4EB14A4C014EB65660BB382E&inline=1>>. Acesso em: 13 de março de 2017.

FORTUNATO, L. A. M.; ARARIPE NETO, T. A. A.; ALBUQUERQUE, J. C. R.; PEREIRA, M. V. F. **Introdução ao Planejamento da Expansão e operação de sistemas de Produção de Energia Elétrica.** Universidade Federal Fluminense, EDUFF, 1990.

GILAT, A.; SUBRAMANIAM, V. **Métodos Numéricos para Engenheiros e Cientistas.** Porto Alegre : Bookman, 2008. p.199-240.

HAWARY, M. E. EL; CHRISTENSEN, G. S. **Optimal Economic Operation of Electric Power Systems.** New York: Academic Press, 1979.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Statistics Key Renewables Trends.** 2016. Disponível em: <<https://www.iea.org>>. Acesso em: 19 de maio de 2016.

LABADIE, J. W. Optimal Operation of Multireservoir Systems: State-of-the-Art Review. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 130, n. 2, p. 93–111, 2004.

LEFTON, S. A.; BESUNER, P. The Cost of Cycling Coal Fired Power Plants. **Coal Power Magazine**, p. 1–63, 2006. Disponível em: <www.ipautah.com/data/upfiles/newsletters/cyclingarticles.pdf>. Acesso em: 16 de maio de 2016.

LEFTON, S.; KUMAR, N.; HILLEMANN, D.; AGAN, D. The Increased Cost of Cycling Operations at Combined Cycle Power Plants. International Conference on

Cycling Plant. **Anais**. p.18, 2012.

LEITE, P. T.; CARNEIRO, A. A. F. M.; CARVALHO, A. C. P. L. F. Aplicação de algoritmos genéticos na determinação da operação ótima de sistemas hidrotérmicos de potência. **Sba: Controle & Automação Sociedade Brasileira de Automatica**, v. 17, n. 1, 2006.

LORA, E. E. S.; NASCIMENTO, M. A. R. DO. **Geração Termelétrica Planejamento, Projeto e Operação**. v.1. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

LYRA, C.; TAVARES, H.; SOARES, S. Modelling and Optimization of Hydrothermal Generation Scheduling. **IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems**, v. PAS-103, n. 8, p. 2126–2133, 1984.

MADCEN, K.; NIELSEN, H. B; TINGLEFF, O. **Methods For Non-Linear Least Squares Problems**. 2ª ed. Informatics and Mathematical Modelling Technical University of Denmark, 2004.

MARCILIO, D. C. **Otimização do Despacho Hidrotérmico Utilizando o Método de Lagrangeano Aumentado com Gradiente Espectral Projetado**. Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

MARCATO, A. L. M. **Representação Híbrida de Sistemas Equivalentes e Individualizados para o Planejamento da Operação de Médio Prazo de Sistemas de Potência de Grande Porte**, Tese de Doutorado - Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

MATTHEWS, H. S.; LAVE, L. B. Applications of Environmental Valuation for Determining Externality. **Environmental Science & Technology**, v. 34, n. 8, p. 1390–1395, 2000.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro. p. 37, 2014. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 26 de abril de 2016.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Probabilidad y Estadística Aplicada a la Ingenieria**. 2ª ed. México, D.F.: Limusa Wiley, 2007.

MOSONYI, E. **Water Power Developmet**. v. 2. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1960.p. 1-4.

MOTULSKY, H.; CHISTOPOULUS, A. **Fitting Models to Biological Data Using Linear and Nonlinear Regression: A Practical Guide to Curve Fitting**. 4ª ed. San Diego - CA, GraphPad Prism Software Inc, 2003.

NAG, P.; LITTLE, D.; TEEHAN, D.; WETZL, K.; ELWOOD, D. Low Load Operational Flexibility for Siemens G-class Gas Turbines. **Power-Gen International**,

p. 1–17, 2008. Disponível em: <<http://www.energy.siemens.com>>. Acesso em: 15 de junho de 2016.

NOCEDAL, J; WRIGHT, S. J. **Numerical Optimization**. 2ª ed. New York: Springer, 2006.

ONS - OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. O Setor Elétrico. 2016. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/>>. Acessado em: 23 de março de 2016.

PEREIRA, M. V. F.; PINTO, L. M. V. G. Stochastic Optimization of Multireservoir Hydroelectric System: A decomposition approach. p. 779–792. **Water Resources Research**., v. v. 21. n.6, p. 779–792, 1985.

REIS, M. D. M. **Custos Ambientais Associados À Geração Elétrica: Hidrelétricas x Termelétricas A Gás Natural**. Dissertação de Mestrado – Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

RODRIGUES, R. N. **Despacho de Unidades Geradoras Hidrelétricas Utilizando Lagrangeano Aumentado**. Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

SARKAR, D. K. **Thermal Power Plant. Design and Operation**. Amsterdam: Elsevier. 2015. p. 1-15.

SEMA - SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. Resolução Nº 016/2014. 2014. Brasil. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/RES_SEMA_016_2014.pdf>. Acesso em: 28 de julho de 2016.

SILVA, E. L. **Formação de Preços em Mercados de Energia Elétrica**. Porto Alegre: Editora Sagra Luzatto, 2001. p. 29-66.

SILVA, D. da. **Dimensionamento de Usinas Hidroelétricas através de Técnicas de Otimização Evolutiva**. Tese de Doutorado - Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SINHA, N.; CHAKRABARTI, R.; CHATTOPADHYAY, P. K. Fast Evolutionary Programming Techniques for. **IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS**, v. 18, n. 1, p. 214–220, 2003.

SOARES, S. Planejamento da Operação de Sistemas Hidrotérmicos. **SBA: Controle de Automação**, v. 1, n. 2, p. 122–131, 1987.

SOARES, S.; CARNEIRO, A. A. F. M. Optimal Operation of Reservoirs for Electric Generation. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 6, n. 3, p. 1101–1107, 1991.

TAKIGAWA, F. Y. K. **Análise Comparativa de Diferentes Estratégias de**

Decomposição do Problema da Programação Diária da Operação de Sistemas Hidrotérmicos com Base na Relaxação Lagrangeana. Dissertação de Mestrado - Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

WOOD, A. J.; WOLLENBERG, B. F.; SHEBLÉ, G. F. **Power Generation, Operation and Control.** 3rd ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 1996.

XING, S.; CHEN, S.; WEI, Z.; XIA, J. **Unifying Electrical Engineering and Electronics Engineering.** New York: Springer, 2014.p. 248, 255, 994. 2014. . Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=plq4BAAAQBAJ&printsec>>. Acesso em: 7 de junho de 2016.

GLOSSÁRIO

COMMODITY: produtos em geral originados do setor primário da economia de qualidade e características uniformes, que não são diferenciados de acordo com quem os produziu ou de sua origem, sendo seu preço uniformemente determinado pela oferta e procura internacional.

CLUSTER: consiste em computadores ligados que trabalham em conjunto para que, em muitos aspectos, eles possam ser vistos como um único sistema.

CYCLING: refere-se à operação de unidades geradoras elétricas em diferentes níveis de carga (demanda de energia), incluindo ligadas/desligadas e baixas variações de carga, em resposta a mudanças nos requisitos de carga do sistema (demanda).

DECOMPOSIÇÃO DE BENDERS: técnica de programação matemática que permite a solução de problemas de programação linear muito grandes e que têm uma estrutura de bloco especial. Esta estrutura de bloco ocorre frequentemente em aplicações como a programação estocástica, uma vez que a incerteza é geralmente representada com cenários.

PATAMAR DE CARGA: classificação das horas do mês, de acordo com o perfil de carga definido pelo ONS.

RAMPA DE CARGA: é a taxa em que uma unidade geradora termelétrica pode alterar a carga.

SHIP-OR-PAY: cláusula incluída nos contratos de transporte de gás natural, segundo a qual o consumidor final ou a concessionária, para quem está sendo feito o transporte, é obrigado a pagar pelo transporte do gás mesmo no caso de o gás não ser transportado.

TAKE OR PAY: cláusula contratual na qual o comprador assume a obrigação de pagar por uma certa quantidade de gás contratada, independente de ter-se utilizado dele ou não.

APÊNDICE 1

Este apêndice apresenta os resultados do despacho da usina termelétrica com a incorporação da função de custo quadrática (atual modelagem) e a função de custo racional em termos de geração média mensal (MW/mês), para planejamento de horizonte de 60 meses entre os anos de 1931 a 2003. Estes resultados encontram-se nas tabelas Tabela 14 e Tabela 15.

As tabelas destacam em tons de cinza as faixas de despacho como:

- tom cinza escuro para despachos nulos;
- tom cinza médio para despachos abaixo de 70% da geração máxima da usina termelétrica;
- tom branco para os despachos acima de 70% da geração máxima da usina termelétrica.

Os resultados do déficit energético do sistema teste com a incorporação da função de custo quadrática e a função de custo racional em termos de geração média mensal (MW/mês) para planejamento de horizonte de 60 meses entre os anos de 1931 a 2003. Estes resultados encontram-se nas tabelas Tabela 16 e Tabela 17.

- As tabelas destacam em cor cinza onde ocorreu déficit diferente de zero.

TABELA 14 - RESULTADOS DO DESPACHO GERAÇÃO TÉRMICA EM MW/MÊS COM A FUNÇÃO DE CUSTO QUADRÁTICA

(continua)

<div>Ano</div> <div>Mês</div>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1931	1,65	401,32	391,05	253,92	3,06	6,72	13,93	26,46	22,66	5,23	314,24	212,24	62,59	5,28	3,16	1,72	1,66	0,37	0,27	0,00
1932	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	1,34	0,87	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1933	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	432,73	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	203,40	251,41	433,12	433,12	433,12
1934	157,50	11,53	10,54	4,60	68,00	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	377,20	136,60
1935	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	332,74	113,07	24,47	8,28	4,57	1,95	3,01	414,26	414,13	416,77	343,22	29,65	12,26	4,24
1936	0,37	428,93	421,00	352,36	196,98	7,06	2,15	0,32	0,00	0,00	0,00	221,17	202,02	116,27	4,85	3,14	423,37	427,36	424,81	387,87
1937	137,73	62,77	5,43	2,83	422,92	423,47	424,63	388,47	74,45	18,36	3,94	2,27	0,73	0,05	20,90	3,03	0,55	0,00	0,00	20,59
1938	0,00	0,00	13,35	4,37	0,25	0,00	0,00	29,45	269,17	307,79	316,78	353,37	364,93	250,33	19,63	7,56	1,75	0,00	0,00	100,25
1939	351,71	271,83	4,79	5,69	3,76	3,77	1,92	263,72	2,16	0,43	0,18	0,19	0,59	37,41	361,83	159,07	32,61	426,86	426,04	425,88
1940	0,39	43,45	372,42	166,68	40,10	427,85	426,91	404,16	425,52	280,97	386,46	343,89	10,17	14,69	21,52	24,27	6,07	5,90	2,55	1,72
1941	3,49	21,76	27,17	30,58	7,90	9,21	3,95	1,81	0,95	0,36	0,11	0,55	114,78	1,08	0,29	0,04	0,39	1,37	2,07	2,92
1942	42,75	6,66	17,34	11,53	20,25	13,66	15,24	5,15	131,34	74,19	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	426,46	433,12	190,51
1943	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	396,49	182,12	86,03	32,38	17,20	332,84	425,34	424,17	401,36	275,69	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1944	116,58	358,52	198,90	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1945	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	392,47	74,30	23,32	11,93	4,64	1,56	0,15	0,10
1946	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	319,54	296,37	7,89	1,97	0,13
1947	0,01	0,02	0,13	342,87	321,75	0,26	0,10	0,03	0,01	0,06	52,27	0,32	84,58	0,12	0,03	0,02	0,01	0,02	0,02	0,05
1948	96,86	1,32	0,88	0,47	0,55	0,43	0,49	0,67	140,25	3,03	0,90	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1949	415,62	419,96	420,68	424,73	426,52	428,76	429,88	431,06	372,77	433,12	427,43	419,59	425,51	333,63	59,67	426,28	425,42	421,36	398,37	113,67
1950	0,10	0,25	0,97	421,69	419,87	399,87	354,15	34,40	6,89	2,51	2,36	24,40	1,24	0,08	0,00	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1951	0,00	0,00	0,23	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	371,65	177,12	144,80	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1952	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	208,72	45,36	19,46	350,35	316,07	122,08	427,99	426,02	425,38	427,26	429,39	431,26
1953	25,06	20,95	416,69	419,37	421,67	420,87	428,65	432,25	127,50	42,58	9,73	5,35	1,96	1,00	0,62	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
1954	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	4,46	402,42	402,72	256,89	102,62	25,88	6,90	0,18	0,00	1,46
1955	282,36	191,83	51,68	14,61	4,57	0,63	0,38	1,48	3,57	292,54	362,71	318,27	57,91	23,37	14,19	3,25	0,81	0,00	0,00	0,00
1956	0,20	0,69	75,35	1,63	0,48	0,04	0,03	0,15	0,92	26,86	423,31	424,75	430,74	411,39	422,49	429,68	351,16	34,72	7,17	1,44
1957	176,50	13,95	333,50	298,50	186,88	5,55	0,76	0,17	0,06	0,37	1,17	124,76	338,04	286,26	32,61	410,75	412,27	285,43	302,67	23,34
1958	382,88	339,82	15,24	422,23	421,74	317,46	315,12	15,49	4,03	0,86	0,17	0,63	164,90	14,86	385,48	299,35	103,54	223,57	350,83	222,84
1959	123,77	17,04	364,60	270,72	75,09	194,88	326,71	185,85	5,00	155,46	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	214,24
1960	430,08	430,83	430,78	430,95	431,86	432,11	433,12	113,84	31,38	10,55	3,13	257,95	222,36	24,63	4,13	14,31	25,49	22,91	228,96	144,60
1961	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	71,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	175,47	0,00	0,00	361,70	364,06	370,50	374,53	394,94
1962	225,28	41,02	37,36	414,74	415,38	418,85	420,64	429,47	148,07	27,26	53,32	252,64	173,71	5,87	1,72	0,95	413,28	416,05	413,77	419,95
1963	0,00	0,13	1,92	5,90	394,57	391,88	409,22	407,96	414,30	232,50	50,06	28,77	415,72	419,46	399,98	312,98	67,09	31,42	7,59	1,21
1964	418,89	420,66	419,66	353,58	98,30	65,79	7,44	1,30	0,71	1,85	422,35	422,66	424,35	427,46	425,70	415,18	31,94	11,61	2,19	1,07

Cinza escuro: despachos nulos; Cinza médio: despachos abaixo de 70% da geração máxima; Branco: despachos acima de 70% da geração máxima.

TABELA 14 - RESULTADOS DO DESPACHO GERAÇÃO TÉRMICA EM MW/MÊS COM A FUNÇÃO DE CUSTO QUADRÁTICA (continuação)

<div>Ano</div> <div>Mês</div>	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1931	0,02	0,18	20,18	4,84	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	142,60
1932	433,12	432,69	433,12	433,12	433,12	433,11	433,11	275,19	280,92	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1933	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	386,22	138,96	29,88	13,03	13,76	34,49	6,08	423,80	422,92	424,66
1934	29,50	9,89	5,19	1,26	0,87	425,49	423,65	423,97	361,58	18,90	7,08	4,12	5,04	4,24	3,73	325,14	322,28	244,26	9,99	4,58
1935	1,18	0,45	1,02	304,91	285,03	201,80	12,12	7,04	420,36	421,32	422,26	424,83	123,24	29,63	6,44	3,48	1,09	0,37	127,62	2,78
1936	62,82	14,80	2,83	1,31	0,23	0,01	45,71	2,15	0,00	0,00	0,01	38,37	285,29	310,49	310,66	365,39	339,77	267,34	7,95	3,55
1937	262,23	287,29	307,42	353,35	334,46	250,44	10,95	4,37	1,19	0,34	0,12	105,25	0,89	0,07	0,02	0,70	7,93	4,30	236,39	45,47
1938	2,08	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	233,67	42,84	15,75	423,32	422,52	373,96	424,33	215,06	354,94	248,89	19,94	4,89	1,26	0,02
1939	425,98	285,88	409,90	339,06	12,31	9,61	11,91	23,71	4,01	2,61	1,16	0,36	0,28	0,07	0,04	0,09	133,88	0,31	0,07	0,00
1940	1,17	0,62	0,14	0,10	130,37	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	166,17	115,46	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1941	165,18	114,85	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	210,91	64,94	24,40	370,24	428,85	426,96	426,59	313,96	433,12
1942	68,59	27,24	350,48	420,40	420,65	418,44	290,10	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	273,97	51,92	16,25	8,72
1943	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1944	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	186,48	55,42	27,41	10,53	0,75	1,38	0,54	0,81	0,22	0,36	0,18	0,36	1,12	385,91
1945	0,04	0,04	0,04	0,09	0,25	0,65	2,11	381,72	365,81	7,34	2,14	1,23	1,24	2,47	103,24	28,18	144,26	9,42	10,58	3,73
1946	0,28	0,33	28,62	11,35	56,75	5,81	5,23	3,08	1,96	1,04	0,86	0,17	99,85	5,37	1,27	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1947	121,80	0,14	0,06	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	80,24	433,12
1948	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	89,19	433,11	431,93	421,36	394,06	124,95	50,28	15,80	12,25	146,35	2,58	1,31	0,28	433,12
1949	32,33	4,77	35,00	147,18	12,91	8,74	1,66	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	399,99	192,17	194,30	433,12	433,12	433,12	433,12
1950	433,12	424,25	212,31	185,20	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	211,32	45,68	19,88	378,38	347,40	159,33	422,91	422,45
1951	158,15	34,02	14,27	349,92	316,73	125,37	429,82	429,60	429,67	430,12	430,42	431,10	125,97	36,86	11,73	6,69	12,63	13,16	10,28	1,88
1952	136,99	40,30	9,85	8,64	7,91	11,70	6,08	3,23	0,93	0,47	0,22	0,35	0,75	1,75	49,86	420,82	420,96	419,30	298,24	18,70
1953	0,44	0,96	4,08	408,96	410,18	338,31	157,06	24,61	7,29	1,29	0,41	1,44	3,61	346,48	393,78	362,77	63,46	27,35	23,33	5,19
1954	4,17	296,48	352,68	314,45	77,44	31,50	14,90	4,23	2,03	2,90	1,10	0,83	0,02	0,00	414,88	424,25	403,03	428,73	430,62	393,29
1955	0,00	0,06	392,54	431,64	433,12	433,12	422,41	433,12	248,90	42,78	9,01	2,31	0,39	0,16	0,35	55,42	268,91	224,98	17,98	423,37
1956	0,07	0,57	2,04	155,12	365,89	328,98	23,45	422,27	420,95	293,80	310,76	15,13	3,40	2,40	4,51	2,57	156,76	16,74	370,28	292,70
1957	6,47	1,70	0,37	0,79	114,32	12,79	342,49	262,17	64,82	185,30	298,58	176,12	4,79	146,60	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1958	3,81	180,31	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	193,70	54,80	18,83	6,35	332,52	301,68	134,75	4,36	10,41
1959	61,16	21,05	7,07	306,77	275,34	95,40	2,90	4,22	47,69	58,72	283,91	204,40	1,77	0,68	0,53	1,49	345,80	183,34	65,02	430,06
1960	2,19	0,32	0,23	0,90	312,42	146,14	32,50	422,54	422,78	424,78	425,09	431,93	118,31	25,15	129,49	335,70	284,58	3,77	5,04	12,28
1961	127,60	0,00	20,93	241,12	142,87	0,00	0,00	0,00	329,74	335,94	345,69	355,45	370,10	234,83	11,45	0,00	393,78	389,05	405,43	253,38
1962	426,85	176,32	39,94	24,11	411,75	413,77	417,30	327,93	65,45	30,59	8,21	2,35	1,09	0,37	416,95	418,94	422,07	425,17	428,83	378,04
1963	0,22	1,94	414,95	416,53	422,22	422,41	414,79	404,45	36,07	13,27	2,42	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	303,65
1964	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,26	0,89	351,63	330,12	7,28	0,98	0,35	0,41	1,36	2,93	3,40	3,32	3,29	2,08	368,56

Cinza escuro: despachos nulos; Cinza médio: despachos abaixo de 70% da geração máxima; Branco: despachos acima de 70% da geração máxima.

TABELA 14 - RESULTADOS DO DESPACHO GERAÇÃO TÉRMICA EM MW/MÊS COM A FUNÇÃO DE CUSTO QUADRÁTICA

(continuação)

<div>Ano</div> <div>Mês</div>	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
1931	228,25	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,03	334,04	111,94	24,15	8,08	4,34	1,36
1932	433,12	432,23	396,00	159,59	34,65	11,72	6,48	2,47	1,72	424,06	423,69	424,82	428,74	20,04	8,08	4,88	9,22	9,16	12,01	278,62
1933	427,08	24,05	8,71	2,96	0,75	0,20	0,71	401,86	392,18	307,10	13,29	34,24	427,83	427,17	427,36	427,18	173,34	25,64	5,56	168,06
1934	429,16	428,14	428,75	430,93	89,22	21,24	4,51	2,30	0,62	0,73	159,65	2,32	0,98	0,60	1,39	129,87	367,08	376,66	356,02	307,76
1935	0,57	0,35	0,80	104,36	352,68	380,76	376,63	415,62	423,51	343,14	22,59	9,21	10,05	13,55	9,64	214,31	3,07	1,09	0,20	0,04
1936	1,59	0,90	0,29	138,78	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	266,46	58,08	4,09	423,06	423,30	342,02	426,84	230,29	344,69	299,16
1937	9,16	420,67	426,40	375,47	418,92	208,10	337,87	250,21	14,33	3,59	1,11	0,30	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1938	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,09	0,30	1,75	0,49	0,06	0,12	0,08	0,05	0,05	0,21	89,79	32,25	332,32	326,14
1939	0,03	0,08	0,14	0,47	161,41	112,95	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	284,22	79,18	26,15	10,16	347,09	367,40
1940	433,12	428,47	433,10	241,38	73,51	27,63	372,80	430,75	428,26	427,70	312,84	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1941	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1942	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	128,22	40,87	20,43	8,02	2,67	0,91	35,66	23,27	0,79	0,34	0,07
1943	3,48	1,23	0,15	12,93	1,18	0,35	0,15	0,60	0,12	0,70	0,55	405,11	394,71	32,69	5,11	4,47	0,65	0,62	129,85	48,54
1944	367,72	3,47	1,57	1,72	2,99	4,46	115,23	44,23	160,97	23,03	17,05	15,53	7,18	40,03	3,34	4,37	182,19	15,55	6,94	344,32
1945	2,67	19,20	1,24	1,45	166,74	4,58	3,58	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,10
1946	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,10	433,09	432,92	412,76	81,03	432,99	425,78	402,65	379,88	90,56	7,69	1,27	1,02	207,69
1947	428,96	405,75	376,47	110,27	36,58	0,93	0,91	140,47	0,44	0,33	0,10	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	419,56	211,27	89,72
1948	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	418,44	201,95	217,97	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	198,70	42,49	18,40	328,64
1949	433,12	433,12	433,12	433,12	173,13	37,37	16,52	414,47	384,73	213,18	424,15	424,81	425,75	427,30	427,77	431,05	150,64	44,24	10,06	117,92
1950	422,57	424,12	425,74	427,80	151,11	49,48	11,14	9,03	22,98	16,45	20,06	3,95	1,27	0,41	0,00	0,00	0,00	0,10	71,50	307,14
1951	1,73	0,29	0,39	0,05	0,15	0,40	50,43	422,97	422,78	423,81	298,90	15,30	4,56	0,79	0,06	0,26	0,80	377,58	400,20	365,07
1952	5,52	0,90	0,36	0,94	2,60	380,82	420,71	421,15	108,36	15,14	175,55	3,04	0,93	0,39	0,35	0,60	1,58	70,00	423,06	392,30
1953	2,18	3,31	3,07	2,30	2,22	2,35	418,27	419,63	426,22	421,56	433,12	433,12	270,35	31,90	6,82	1,80	0,37	0,07	0,00	0,00
1954	234,39	49,04	9,58	1,76	0,00	0,00	0,09	37,27	252,46	199,92	22,64	407,89	418,06	180,13	213,88	19,15	5,04	0,93	0,00	0,00
1955	422,57	189,63	222,98	14,78	4,32	1,32	1,49	2,02	53,17	14,48	282,35	205,08	16,96	125,95	246,89	115,60	3,09	90,15	354,69	327,36
1956	95,02	213,63	333,24	213,17	5,16	172,10	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	423,05	428,61	315,63	94,36	32,84	11,70	229,86
1957	433,12	432,26	432,25	243,31	70,58	24,42	8,24	299,47	262,95	88,36	3,31	6,98	55,39	65,53	285,98	208,92	3,50	0,58	0,09	0,00
1958	75,35	89,28	302,80	241,09	1,37	0,88	0,10	0,45	362,42	202,43	82,35	427,05	425,88	426,33	427,05	428,68	123,58	25,95	180,13	363,88
1959	427,82	426,77	426,00	425,21	121,44	25,63	166,65	376,40	329,84	3,21	1,00	59,83	424,61	425,45	426,83	429,75	425,15	178,16	36,79	14,55
1960	429,50	429,53	430,26	431,19	433,08	145,84	32,48	19,40	421,62	422,25	426,98	374,17	123,73	104,91	5,08	1,38	0,19	0,35	370,16	334,57
1961	10,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	376,22	380,17	385,37	391,39	403,00	368,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1962	31,74	12,72	3,04	1,30	0,90	1,16	5,08	3,10	6,26	2,76	4,52	321,32	287,11	7,22	1,54	0,26	0,03	0,01	0,01	0,04
1963	276,34	6,57	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	318,40	386,99	383,91	266,35	5,65	6,09	11,21	122,35	3,86
1964	421,26	423,58	312,82	8,17	13,99	58,21	198,27	13,42	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12

Cinza escuro: despachos nulos; Cinza médio: despachos abaixo de 70% da geração máxima; Branco: despachos acima de 70% da geração máxima.

TABELA 14 - RESULTADOS DO DESPACHO GERAÇÃO TÉRMICA EM MW/MÊS COM A FUNÇÃO DE CUSTO QUADRÁTICA

(continuação)

<div>Ano</div> <div>Mês</div>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1965	412,11	417,15	419,61	276,15	10,00	2,95	0,42	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,18	1,65	348,04	306,42	9,21	1,61	0,62
1966	0,17	0,23	1,56	355,44	319,05	9,00	1,77	0,54	0,14	0,01	0,01	0,11	0,26	0,68	2,23	365,16	420,40	422,88	307,55	6,95
1967	0,42	0,90	2,75	344,06	418,54	419,74	272,63	7,70	3,03	10,55	148,30	12,17	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1968	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	323,53	124,73	55,07	23,81	8,21	3,22	1,74	194,59
1969	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	36,56	50,66	85,41	79,38	53,31	24,47	6,21	0,89	0,38
1970	47,67	99,54	92,19	42,67	16,97	3,68	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1971	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	2,02	363,63	319,47	202,73	40,94	14,18	6,22	3,51	0,00	0,00	0,00
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1973	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	132,29	70,22	5,81	0,98	0,00
1974	0,02	0,14	0,67	301,30	268,54	9,94	5,81	36,47	1,66	356,61	349,05	363,19	293,05	305,17	344,28	422,60	422,75	426,23	427,97	34,75
1975	87,96	243,57	296,55	418,59	417,85	420,26	423,91	43,30	11,51	2,42	2,02	1,92	15,05	16,10	15,71	4,12	2,91	0,92	0,62	0,00
1976	1,77	5,45	6,02	5,45	3,12	1,57	1,27	0,64	0,59	0,48	0,25	0,34	0,26	0,47	0,47	1,11	362,16	331,76	22,69	5,08
1977	0,00	0,06	0,37	0,97	357,62	301,60	15,24	4,66	5,94	1,74	2,32	4,25	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1978	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	246,43	377,60	426,32	421,99	420,78	423,62	81,44	52,28	21,12	7,14
1979	403,45	404,45	401,54	410,02	78,26	57,69	24,80	8,47	2,94	1,18	1,64	2,31	3,45	3,28	1,68	6,74	5,16	2,98	0,42	0,00
1980	0,00	0,00	0,00	0,83	0,67	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,39	1,90	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1981	0,06	0,12	426,36	426,31	427,43	430,27	429,71	429,25	429,13	428,80	215,59	44,06	113,95	71,00	349,54	299,52	174,78	32,08	7,50	3,49
1982	127,27	77,82	373,15	308,10	173,52	32,35	7,46	3,35	1,01	0,12	0,01	0,00	0,09	0,34	0,62	1,45	3,20	5,94	15,41	3,65
1983	0,00	0,00	0,00	0,06	0,20	0,37	1,41	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1984	93,50	182,96	103,48	10,37	2,47	0,29	0,23	0,06	0,09	0,19	0,38	0,59	258,50	10,61	7,19	1,48	136,72	433,12	433,12	433,12
1985	238,56	9,31	4,70	2,89	127,08	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	417,71	177,81	420,80	342,48
1986	347,83	267,62	231,77	104,57	63,09	39,19	44,33	37,68	12,80	1,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1987	0,00	0,00	0,00	0,00	0,66	1,52	0,98	2,54	0,74	1,22	79,30	408,18	409,46	383,45	235,23	59,44	10,15	0,87	58,61	410,74
1988	228,80	155,97	70,17	36,04	6,52	1,50	18,88	410,80	411,72	413,64	417,51	225,65	58,96	12,49	6,20	2,16	0,61	2,14	0,77	0,00
1989	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	2,91	2,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1990	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	1,52	426,86	428,49	427,02	429,64	433,12	320,96	173,40	66,79
1996	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1997	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1998	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1999	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	123,60	93,40	17,21	8,88	2,35	144,32	116,50	27,19	3,99	0,00
2000	0,00	0,00	0,00	128,18	47,85	22,44	3,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,16	3,70	83,05	16,13	7,25	0,81	0,00	0,00
2002	3,41	64,65	301,78	239,09	12,52	4,06	3,68	2,82	2,21	1,00	3,42	3,79	6,02	8,01	6,84	418,51	416,94	307,93	248,44	420,67
2003	0,01	0,20	1,04	415,42	414,12	322,59	258,65	420,77	421,66	424,91	64,62	14,85	2,67	408,47	397,59	335,11	14,41	2,89	0,27	89,83

Cinza escuro: despachos nulos; Cinza médio: despachos abaixo de 70% da geração máxima; Branco: despachos acima de 70% da geração máxima.

TABELA 14 - RESULTADOS DO DESPACHO GERAÇÃO TÉRMICA EM MW/MÊS COM A FUNÇÃO DE CUSTO QUADRÁTICA
(continuação)

Mês		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Ano		0,17	0,00	0,00	0,00	0,18	0,66	2,39	352,46	420,33	421,76	289,94	6,45	2,96	23,19	165,44	10,88	433,12	433,12	433,12	433,12
1965		2,71	42,72	181,54	11,47	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	325,37	123,21	42,64	21,85
1966		433,12	433,12	433,12	433,12	371,95	136,19	47,47	19,41	6,57	3,30	3,50	282,97	35,32	3,22	3,18	397,95	401,42	410,42	409,71	365,20
1967		8,77	1,59	1,43	348,68	349,86	347,91	358,59	308,10	10,55	2,23	0,55	8,33	1,44	0,54	73,02	0,24	0,03	0,00	0,00	0,00
1968		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	1,08	334,06	288,93	205,34	23,02	7,80	3,28
1969		0,00	0,00	315,88	309,15	203,35	15,39	4,90	2,21	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1970		0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,39	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1971		0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,08	0,13	76,39	18,05	10,28	5,46	4,09	1,77	160,91	208,66	209,00	140,87	102,84	169,94	426,53
1972		0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,40	429,94	430,84	432,15	433,12	433,12	431,91	432,54	410,20	158,16	38,95	128,53	64,72	339,72	285,52
1973		0,00	264,68	226,90	248,84	165,50	170,86	200,50	424,96	402,94	427,75	301,80	22,02	3,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1974		9,10	2,20	1,51	2,62	4,33	18,15	5,05	4,70	1,25	0,82	0,11	0,05	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,62
1975		0,03	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,26	0,98	353,18	306,63	20,67	4,34	1,10	0,55	0,95	2,30	433,12	433,12	433,12	433,12
1976		3,24	1,56	1,83	0,19	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	416,03	433,12	433,12	433,12	433,12	431,92
1977		433,12	433,12	177,12	395,19	431,10	426,60	425,16	426,52	78,23	118,67	28,75	13,05	3,84	0,97	0,35	0,66	0,31	0,48	0,72	305,42
1978		2,30	0,33	0,00	0,00	0,05	0,28	1,06	257,77	121,40	55,30	4,70	1,17	0,13	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	433,12	433,12
1979		0,16	0,57	0,44	0,37	0,12	0,40	429,94	430,84	432,15	433,12	433,12	431,91	432,54	410,20	158,16	38,95	128,53	64,72	339,72	285,52
1980		433,12	314,01	122,93	27,31	40,58	31,25	275,21	208,28	144,14	33,39	8,14	3,98	1,55	0,32	0,01	0,00	0,00	0,13	0,23	0,50
1981		1,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,43	1,00	2,20	4,05	11,92	2,63	2,83	2,08	3,61	1,55	9,12	7,00	5,37	1,94
1982		1,07	0,22	0,15	0,09	11,62	9,97	7,99	3,04	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	58,51	12,80	6,20	0,83
1983		0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	0,19	0,32	0,58	1,69	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1984		433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	414,65	165,08	430,39	351,27	11,06	3,61	1,18	0,30	0,18	0,17	207,99	0,98
1985		12,04	3,97	1,30	0,30	0,25	0,69	194,41	2,11	0,56	0,80	5,67	12,34	41,61	3,62	261,75	423,64	423,60	424,95	426,24	138,47
1986		0,00	0,52	19,81	395,77	418,19	312,72	175,91	67,48	12,23	2,30	14,52	417,84	423,35	407,57	391,81	213,71	46,68	10,70	7,49	2,73
1987		412,98	417,10	422,63	294,38	51,34	10,78	4,81	0,96	0,00	28,36	6,41	0,10	0,00	0,00	92,64	17,73	2,16	0,00	0,00	0,00
1988		0,00	0,29	14,74	10,25	1,58	0,35	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,13	0,74	429,86	412,88	430,65	424,64
1989		0,00	0,00	0,02	0,09	427,44	427,76	431,61	433,02	433,09	299,30	150,65	59,06	58,82	22,44	4,95	1,56	1,40	0,39	0,00	0,00
1990		106,58	19,40	4,80	1,53	1,69	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,53	82,04	16,57	3,28	0,93	0,17
1996		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1997		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1998		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1999		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,80	0,00	10,70	163,45	105,41
2000		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,22	142,95	81,65	8,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	374,13
2001		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	2,56	382,39	369,54	156,17	145,73	432,59	367,51	275,28	37,34	12,02	3,58	149,46	265,47	167,86
2002		422,49	424,47	52,31	12,23	2,95	391,19	386,15	317,08	14,54	6,09	4,03	76,34	2,92	1,63	1,86	214,82	306,09	420,05	419,91	306,68
2003		0,22	0,00	0,00	224,07	313,20	418,08	418,32	321,44	15,18	2,05	0,54	0,10	0,16	0,46	1,54	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12

Cinza escuro: despachos nulos; Cinza médio: despachos abaixo de 70% da geração máxima; Branco: despachos acima de 70% da geração máxima.

TABELA 14 - RESULTADOS DO DESPACHO GERAÇÃO TÉRMICA EM MW/MÊS COM A FUNÇÃO DE CUSTO QUADRÁTICA

(conclusão)

Mês																					
Ano	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
1965	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	428,08	180,94	70,11	27,74	13,55	9,06	7,06	276,59	54,23	2,20	1,48	228,89	
1966	8,88	3,52	1,79	284,17	66,61	1,70	2,13	410,53	406,12	418,60	418,28	377,92	76,90	1,86	0,84	121,55	9,78	1,05	253,49	0,54	
1967	46,91	2,35	1,04	86,62	1,27	0,95	158,92	0,61	0,10	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,12	0,86	84,82	8,27	424,68	423,11	
1968	0,00	0,03	0,11	0,56	16,46	5,17	411,84	414,80	433,12	32,87	10,55	5,29	238,95	2,96	0,82	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	
1969	2,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
1970	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,07	2,58	157,80	108,37	5,57	2,16	0,99	0,00	213,14	168,12	82,08	
1971	92,37	8,07	2,93	1,79	1,02	257,35	238,96	238,91	175,77	174,28	206,48	411,54	415,00	417,79	340,34	39,12	10,94	1,87	0,49	0,00	
1972	422,38	350,15	226,63	19,64	5,68	1,13	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
1973	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	270,79	231,45	7,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
1974	371,95	351,06	45,20	3,21	0,79	0,16	0,03	0,00	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,10	157,30	281,34	
1975	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	229,44	423,34	433,12	427,24	425,56	426,91	71,68	118,33	16,08	5,81	1,89	0,24	0,00	0,00	
1976	85,71	129,77	17,48	6,41	2,03	0,16	0,00	0,00	0,04	0,17	0,64	296,55	194,64	154,88	1,87	0,30	0,04	0,02	0,00	0,00	
1977	181,53	137,49	2,15	0,48	0,06	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	432,46	115,91	21,57	
1978	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,10	136,54	34,94	373,14	277,26	412,31	394,84	357,87	8,09	1,63	0,59	0,12	0,00	0,00	0,00	
1979	183,98	32,98	7,99	3,95	1,55	0,45	0,59	0,89	1,55	1,64	1,04	0,92	1,79	3,38	10,82	2,18	0,79	0,45	0,27	0,06	
1980	1,09	2,10	7,23	1,71	2,04	8,37	7,05	4,87	7,57	4,43	2,65	0,72	0,15	0,02	0,06	0,02	0,13	0,05	0,03	0,00	
1981	0,31	0,03	0,00	0,00	0,02	0,06	0,20	0,65	38,78	10,91	5,45	0,98	16,07	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	
1982	22,87	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	352,96	403,74	245,13	37,90	14,21	11,98	4,56	
1983	433,12	257,27	322,90	179,17	17,55	5,11	1,73	0,77	0,60	1,03	7,58	0,13	0,83	1,40	12,19	11,26	11,35	8,98	79,88	135,78	
1984	0,21	2,23	5,18	8,16	72,85	3,38	271,13	423,36	423,75	425,05	426,59	156,12	6,31	0,93	234,61	424,54	424,79	426,30	429,04	429,24	
1985	6,52	1,31	228,47	425,36	425,91	426,63	427,09	432,95	33,19	6,78	3,13	0,99	0,40	252,46	1,58	0,31	0,21	0,85	382,48	360,53	
1986	0,55	2,11	0,00	0,00	0,00	0,00	14,52	8,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
1987	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,84	4,07	403,38	409,91	415,63	425,09	433,12	433,12	203,45	163,39	260,49	36,72	8,75	1,77	
1988	430,09	351,56	180,38	70,36	143,83	17,59	5,10	7,33	8,72	6,86	2,85	1,49	0,49	0,13	0,45	0,39	1,03	1,75	0,83	40,83	
1989	0,00	0,00	0,02	0,09	0,18	0,25	0,39	47,98	15,26	4,12	2,51	3,41	1,55	1,83	0,81	0,55	0,15	0,10	0,00	0,00	
1990	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,18	1,33	1,31	4,09	7,67	7,27	2,39	0,48	0,11	0,09	3,69	58,68	2,00	0,39	0,11	
1996	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
1997	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
1998	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
1999	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	376,90	371,87	196,66	164,92	418,64	409,22	332,59	27,21	4,47	
2000	364,15	177,90	144,86	415,04	399,19	319,03	24,45	5,71	0,92	283,50	252,83	217,32	12,06	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2001	16,17	3,60	0,62	0,08	0,00	0,00	0,00	82,31	167,10	319,61	313,66	159,00	14,70	2,44	0,73	0,00	0,00	0,00	0,00	91,02	
2002	12,03	1,97	0,59	0,18	0,00	0,00	0,00	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	430,70	429,41	
2003	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	266,34	75,93	23,74	10,39	12,36	17,28	130,76	10,59	3,44	2,12	0,77	

Cinza escuro: despachos nulos; Cinza médio: despachos abaixo de 70% da geração máxima; Branco: despachos acima de 70% da geração máxima.

TABELA 15 - RESULTADOS DO DESPACHO GERAÇÃO TÉRMICA EM MW/MÊS COM A FUNÇÃO DE CUSTO RACIONAL

(continua)

Mês		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ano																					
	1931	163,91	432,51	432,26	432,66	0,00	0,00	0,00	194,20	0,00	0,00	417,88	392,08	311,15	135,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	176,75
	1932	273,64	137,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	192,47	0,00	0,00	298,66	190,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
	1933	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	432,92	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
	1934	411,08	161,02	316,77	203,67	321,54	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	400,26	139,03
	1935	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	333,64	105,56	0,52	0,00	0,00	0,00	0,00	422,76	421,31	423,70	426,60	33,67	5,49	0,00
	1936	0,00	420,35	433,12	424,41	433,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	160,36	432,23	432,03	432,70	203,31	237,65	422,20	431,77	432,87	423,06
	1937	415,45	423,46	208,64	246,23	430,63	422,77	428,55	416,30	362,04	22,86	0,00	263,62	86,02	0,00	383,56	237,13	0,00	0,00	0,00	326,69
	1938	0,00	0,00	379,50	249,22	0,00	0,00	0,00	331,94	432,77	432,53	432,54	429,82	433,12	433,12	0,00	293,72	0,00	126,95	207,36	406,24
	1939	432,03	429,30	0,00	254,41	0,00	88,55	180,08	414,18	0,00	218,77	0,00	0,00	0,00	246,43	428,56	297,38	215,61	424,20	425,15	428,10
	1940	0,00	273,64	416,37	319,41	247,92	430,00	430,47	431,17	432,18	399,67	429,56	417,00	221,72	27,06	209,53	246,88	0,00	0,00	0,00	0,00
	1941	63,07	0,00	167,04	211,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,80	12,35	282,08	25,73	25,21	10,47	8,07	0,00	0,00	143,36
	1942	302,72	0,00	0,00	0,00	0,00	18,34	15,78	197,44	325,33	287,46	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	151,12
	1943	418,75	421,37	421,69	423,31	427,81	396,33	433,12	55,22	0,00	0,00	422,57	432,34	427,57	415,32	416,31	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
	1944	308,28	432,68	349,81	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
	1945	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	72,68	0,00	234,18	215,94	0,00	0,00	234,55
	1946	0,00	0,00	0,00	210,79	201,65	0,00	0,00	228,69	222,67	0,00	164,70	78,63	179,54	0,00	171,68	428,85	427,51	217,17	201,34	0,00
	1947	164,91	0,00	161,24	432,84	432,74	206,05	192,24	0,00	0,00	0,00	284,42	230,61	316,37	147,85	169,77	153,23	0,00	240,53	117,73	0,00
	1948	311,80	137,20	159,65	144,53	0,00	232,83	109,03	0,00	330,40	196,55	103,55	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
	1949	423,53	425,40	425,57	421,18	422,41	429,56	429,24	429,54	430,28	430,52	423,29	419,41	424,10	429,49	64,09	427,78	427,62	428,86	430,32	295,20
	1950	271,34	273,61	0,00	428,24	427,74	428,97	430,38	303,59	264,04	0,00	216,81	328,08	197,41	0,00	0,00	433,00	433,03	433,12	433,06	433,12
	1951	142,67	0,00	0,00	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	432,14	226,45	350,71	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
	1952	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,10	433,10	433,10	209,49	30,33	10,25	433,12	432,93	341,62	429,89	419,62	419,37	424,05	428,39	431,93
	1953	387,80	336,39	410,23	432,34	423,72	408,87	428,47	430,67	185,58	16,91	0,00	258,58	0,00	290,29	186,80	183,40	0,00	0,00	0,00	242,71
	1954	0,00	297,40	198,90	196,31	0,00	0,00	0,00	254,94	0,00	0,00	333,42	420,24	426,87	424,16	431,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1955	430,29	431,41	426,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	429,84	421,69	425,31	311,08	141,34	396,71	0,00	0,00	185,73	233,27	0,00
	1956	102,67	0,00	382,77	0,00	0,00	163,48	216,13	0,00	0,00	279,96	425,23	422,37	419,53	423,25	417,10	418,71	428,46	167,16	13,52	4,27
	1957	405,70	166,88	431,01	430,75	413,91	127,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	350,60	430,30	429,97	0,00	422,60	423,37	428,25	431,10	0,00
	1958	428,64	429,59	0,00	422,95	423,82	428,79	432,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	329,01	223,60	432,89	407,84	258,98	345,66	427,94	368,34
	1959	337,18	252,19	429,78	409,72	279,69	356,09	425,64	373,85	0,00	335,05	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,11	294,08
	1960	417,61	420,34	421,49	424,94	427,13	429,33	431,07	171,41	26,15	0,00	0,00	422,83	409,57	322,90	0,00	14,40	254,92	268,97	403,84	395,20
	1961	391,69	335,65	0,00	0,00	275,84	289,21	408,36	387,87	0,00	0,00	0,00	0,00	418,29	335,74	253,77	402,74	406,13	413,06	418,49	433,12
	1962	391,69	335,65	0,00	0,00	275,84	289,21	408,36	387,87	0,00	0,00	0,00	0,00	418,29	335,74	253,77	402,74	406,13	413,06	418,49	433,12
	1963	305,66	0,00	0,00	283,40	403,45	412,02	413,83	421,90	433,12	251,21	55,44	30,15	383,54	433,12	433,12	433,12	335,22	307,98	176,37	0,00
	1964	422,61	424,79	428,61	427,57	303,26	303,57	169,77	0,00	0,00	182,14	426,73	426,00	426,68	426,24	427,34	428,79	0,00	153,71	0,00	0,00

Cinza escuro: despachos nulos; Cinza médio: despachos abaixo de 70% da geração máxima; Branco: despachos acima de 70% da geração máxima.

TABELA 15 - RESULTADOS DO DESPACHO GERAÇÃO TÉRMICA EM MW/MÊS COM A FUNÇÃO DE CUSTO RACIONAL

(continuação)

<div>Ano</div> <div>Mês</div>	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1931	0,00	0,00	286,14	174,90	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	432,14	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	377,40
1932	433,12	432,95	433,11	433,12	433,12	433,12	433,12	315,39	364,94	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1933	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	428,70	162,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	426,15	426,16	427,88
1934	12,95	0,00	0,00	0,00	0,00	415,90	422,36	422,13	429,37	40,29	0,00	0,00	0,00	0,00	143,15	428,56	428,96	429,64	191,79	218,66
1935	0,00	0,00	186,85	427,96	423,09	415,33	231,40	258,05	416,85	423,02	426,97	428,33	376,89	22,97	0,00	273,95	110,93	0,00	384,73	247,07
1936	345,19	0,00	0,00	257,14	74,42	0,00	381,99	227,90	0,00	0,00	0,00	324,45	430,83	427,98	428,13	425,13	429,68	431,87	0,00	281,56
1937	431,16	429,80	429,68	425,16	428,14	431,45	0,00	286,57	0,00	109,77	195,22	405,76	0,00	234,59	0,00	0,00	0,00	260,64	424,41	314,05
1938	0,00	242,78	0,00	0,00	0,00	269,19	421,26	318,05	239,66	430,51	430,80	432,64	433,06	356,31	433,11	418,40	215,10	0,00	204,88	245,02
1939	431,10	385,33	432,76	430,98	188,17	0,00	179,11	221,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	303,33	0,00	0,00	0,00
1940	0,00	0,00	0,00	0,00	309,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	181,06	310,15	270,56	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1941	291,39	248,91	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	161,31	31,11	0,00	416,92	423,88	421,81	424,13	413,40	433,12
1942	11,73	0,00	428,59	432,11	432,32	432,60	389,39	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1943	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	432,66	94,90	22,54	223,23
1944	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	134,45	10,95	202,33	179,98	0,00	0,00	201,61	192,82	0,00	130,46	0,00	146,25	6,01	139,82	427,96
1945	228,40	0,00	174,92	0,00	187,78	0,00	179,06	432,37	428,26	220,79	206,50	0,00	0,00	0,00	292,57	241,17	323,41	164,29	183,71	169,49
1946	0,00	0,00	290,53	237,34	320,96	156,01	177,98	160,25	0,03	248,83	126,20	0,00	337,20	211,88	124,64	433,08	433,08	433,08	433,08	433,09
1947	332,72	204,38	114,58	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	116,07	433,11
1948	433,12	433,12	433,12	432,90	432,89	433,04	121,08	433,07	432,53	430,06	430,40	291,82	238,82	0,00	179,15	310,04	159,35	0,00	0,00	433,12
1949	243,66	0,00	185,21	318,58	167,07	0,00	0,00	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,11	223,30	331,42	433,12	433,12	433,12	433,12
1950	433,12	397,55	288,71	418,29	427,83	428,36	428,85	429,87	430,07	429,79	430,78	431,20	298,18	0,00	0,00	432,95	432,19	333,23	421,38	420,41
1951	230,23	28,89	0,00	433,12	433,12	342,33	420,16	421,01	421,81	423,86	426,27	430,01	179,84	37,71	0,00	221,82	4,83	258,78	148,68	145,91
1952	180,08	17,04	0,00	218,39	0,00	254,30	144,72	142,67	0,00	0,00	0,00	210,86	0,00	0,00	282,48	421,30	424,10	428,70	432,23	0,00
1953	0,00	0,00	318,20	422,06	424,20	427,87	432,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	429,63	425,30	426,20	309,53	145,91	399,21	0,00
1954	0,00	429,55	425,06	424,74	315,54	159,09	397,19	0,00	0,00	210,01	254,42	0,00	0,00	306,89	429,95	429,54	393,94	409,12	417,24	427,56
1955	0,00	292,15	415,58	413,74	426,74	409,30	418,56	428,39	433,12	175,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	340,68	430,30	430,64	0,00	423,45
1956	0,00	0,00	0,00	325,58	427,28	427,06	14,47	411,68	419,12	427,96	431,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	330,37	217,41	427,59	417,09
1957	0,00	0,00	0,00	0,00	345,07	247,71	429,02	417,78	272,44	368,10	428,55	386,06	0,00	336,00	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1958	0,00	323,86	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	212,21	50,86	0,00	0,00	424,73	410,14	309,59	0,00	0,00
1959	22,16	0,00	0,00	424,64	409,97	325,63	0,00	0,00	259,06	272,25	409,81	389,01	0,00	0,00	0,00	0,00	421,38	323,64	236,17	417,23
1960	0,00	0,00	0,00	0,00	419,52	319,76	230,58	419,41	418,75	419,75	419,83	423,42	179,07	0,00	316,20	432,97	432,96	0,00	0,00	250,84
1961	218,88	33,80	337,32	433,12	433,12	0,00	0,00	268,35	419,39	425,29	429,92	417,08	410,20	225,83	49,16	23,09	400,97	433,06	430,92	433,12
1962	218,88	33,80	337,32	433,12	433,12	0,00	0,00	268,35	419,39	425,29	429,92	417,08	410,20	225,83	49,16	23,09	400,97	433,06	430,92	433,12
1963	0,00	197,31	405,99	417,06	433,12	428,06	433,12	433,12	58,60	178,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	432,24
1964	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	432,62	431,18	119,59	0,00	123,06	0,00	0,00	0,00	0,00	62,39	0,00	0,00	431,48

Cinza escuro: despachos nulos; Cinza médio: despachos abaixo de 70% da geração máxima; Branco: despachos acima de 70% da geração máxima.

TABELA 15 - RESULTADOS DO DESPACHO GERAÇÃO TÉRMICA EM MW/MÊS COM A FUNÇÃO DE CUSTO RACIONAL

(continuação)

<div>Ano</div> <div>Mês</div>	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
1931	401,06	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	303,47	110,62	16,31	0,00	0,00	0,00
1932	433,12	433,12	345,00	109,11	2,67	0,00	0,00	0,00	0,00	414,62	415,58	421,03	429,48	40,12	8,64	0,00	24,30	33,26	142,13	405,68
1933	430,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	152,04	419,06	418,49	418,96	213,02	231,88	426,24	428,85	429,55	428,09	345,90	0,00	0,00	324,21
1934	425,20	423,15	424,03	423,30	360,29	13,75	0,00	247,88	57,72	0,00	382,18	213,28	0,00	0,00	0,00	314,80	428,89	427,32	428,38	430,26
1935	0,00	0,00	0,00	330,36	431,19	428,84	428,23	426,49	427,70	430,19	7,52	293,15	0,00	128,10	206,88	410,67	0,00	242,45	0,00	0,00
1936	0,00	100,65	187,13	403,96	0,00	227,49	0,00	0,00	0,00	254,60	423,18	305,08	223,69	430,73	430,08	432,96	433,08	372,25	433,09	433,11
1937	230,28	429,41	429,50	429,76	432,19	368,05	432,82	419,93	206,32	0,00	195,67	237,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1938	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	315,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	175,08	314,27	271,82	430,27	432,17
1939	0,00	0,00	0,00	153,09	301,13	257,99	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	373,98	24,60	1,80	0,00	423,06	432,04
1940	433,12	433,12	433,11	155,75	32,76	0,00	432,83	433,10	433,11	433,10	385,98	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1941	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1942	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	77,23	1,76	207,03	189,68	0,00	0,00	212,42	204,25	0,00	146,38	0,00
1943	205,01	21,35	32,70	224,92	219,54	39,28	162,32	21,82	175,84	0,00	168,32	419,32	424,51	217,14	198,22	0,00	0,00	0,00	285,55	226,97
1944	431,82	188,32	172,24	0,00	0,00	0,00	272,64	214,98	310,77	125,76	148,94	132,83	0,00	223,27	95,13	0,00	326,61	187,32	89,31	432,47
1945	0,00	249,26	134,58	0,00	338,43	215,30	129,24	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1946	433,09	433,09	433,10	433,11	433,11	433,11	433,11	433,11	433,11	433,12	64,66	433,12	430,94	430,49	431,10	290,58	248,15	0,00	198,70	399,49
1947	433,01	432,86	432,97	292,66	244,05	0,00	185,48	317,83	167,30	0,00	0,00	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	199,13	246,64
1948	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	220,10	325,56	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	210,57	28,77	4,07	431,42
1949	433,12	433,12	433,12	433,12	224,30	31,18	0,00	433,12	432,64	318,42	427,05	426,23	424,49	426,76	428,00	429,63	171,81	12,11	0,00	257,49
1950	420,43	422,45	424,75	426,86	180,01	0,00	0,00	210,28	0,00	245,35	138,05	137,11	0,00	0,00	0,00	198,05	0,00	0,00	269,15	432,00
1951	0,00	0,00	0,00	215,07	0,00	0,00	284,34	423,03	423,60	427,76	431,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	429,02	419,83	426,92
1952	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	428,17	421,04	423,62	306,19	108,20	392,73	0,00	0,00	154,43	211,33	0,00	0,00	272,48	411,40	417,03
1953	0,00	196,70	244,07	0,00	0,00	297,63	421,74	415,82	420,39	421,69	422,61	426,16	433,12	188,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	307,89
1954	432,97	214,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	359,04	430,54	430,73	0,00	422,64	419,29	426,97	433,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1955	417,89	426,68	433,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	342,66	233,49	429,17	417,74	262,44	363,34	425,15	385,35	0,00	328,97	414,14	423,18
1956	254,82	351,16	428,72	377,91	0,00	323,68	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	264,94	68,51	27,28	8,29	387,02
1957	433,12	433,12	433,12	149,43	17,40	0,00	0,00	422,62	400,57	326,40	0,00	0,00	259,10	273,44	404,72	393,54	0,00	0,00	0,00	36,42
1958	239,95	254,72	406,74	388,57	0,00	0,00	0,00	0,00	424,28	310,57	217,25	426,60	426,63	426,06	423,54	425,46	140,89	0,00	305,85	432,63
1959	417,09	419,64	421,93	425,94	175,53	0,00	318,37	432,88	432,95	0,00	0,00	251,08	405,21	408,92	412,48	418,39	425,36	243,87	14,20	82,13
1960	427,27	426,30	427,42	429,26	430,63	201,08	40,01	0,00	423,64	423,97	426,55	430,49	297,59	295,32	150,27	0,00	0,00	162,06	432,09	432,23
1961	314,49	295,98	159,99	0,00	0,00	184,64	409,25	413,44	420,49	433,05	433,12	433,12	46,93	160,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1962	314,49	295,98	159,99	0,00	0,00	184,64	409,25	413,44	420,49	433,05	433,12	433,12	46,93	160,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1963	429,70	124,76	0,00	130,13	0,00	0,00	0,00	0,00	84,14	0,00	0,00	429,68	426,40	428,53	430,04	0,00	2,43	256,63	350,29	203,56
1964	425,88	427,62	429,74	0,00	0,00	247,11	340,81	196,37	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12

Cinza escuro: despachos nulos; Cinza médio: despachos abaixo de 70% da geração máxima; Branco: despachos acima de 70% da geração máxima.

TABELA 15 - RESULTADOS DO DESPACHO GERAÇÃO TÉRMICA EM MW/MÊS COM A FUNÇÃO DE CUSTO RACIONAL

(continuação)

Mês																					
Ano		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1965		410,06	418,38	424,36	430,34	0,00	144,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	430,71	431,45	117,94	0,00	121,74
1966		0,00	0,00	0,00	426,94	429,03	137,51	0,00	139,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	431,95	428,60	429,14	429,43	0,00
1967		97,30	0,00	0,00	429,72	427,57	428,53	429,94	0,00	0,00	265,37	349,78	218,17	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1968		433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	298,77	57,78	22,75	5,72	0,00	0,00	0,00
1969		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	407,72	288,30	136,51	0,00	408,53	405,59	407,10	396,47	417,63	304,54	0,00	0,00	317,81
1970		423,77	433,08	410,83	428,09	320,12	0,00	0,00	343,90	288,45	0,00	375,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1971		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	326,57	279,22	417,75	423,45	428,73	0,00	0,00	286,55	411,17	0,00	0,00	0,00
1972		332,61	0,00	0,00	266,37	396,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	268,12	276,85	0,00	0,00	0,00	0,00
1973		0,00	0,00	266,50	275,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	347,70	180,47	0,00	0,00	424,62	424,50	147,34	249,22	346,98
1974		0,00	0,00	0,00	432,11	430,75	101,68	202,22	324,35	111,90	430,11	429,84	429,95	430,16	430,61	427,43	418,41	418,60	423,65	426,61	71,69
1975		330,94	430,91	427,15	414,12	416,12	424,28	425,17	84,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	118,10	82,55	183,74	128,00	0,00	0,00	0,00
1976		0,00	152,26	120,78	213,44	160,02	0,00	0,00	0,00	0,00	133,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	117,24	429,88	428,44	278,70	0,00
1977		0,00	0,00	0,00	135,47	429,59	431,59	286,81	0,00	258,88	0,00	0,00	201,91	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1978		433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,10	433,07	433,07	433,08	426,74	419,14	415,85	112,23	396,07	190,44	139,59
1979		417,85	423,21	432,97	433,12	100,20	429,21	297,37	257,45	0,00	0,00	0,00	0,00	243,22	304,91	0,00	420,03	385,13	376,67	0,00	0,00
1980		309,06	357,16	0,00	415,20	395,26	394,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1981		0,00	0,00	421,14	421,83	422,40	424,05	424,69	426,15	428,06	429,85	289,05	33,23	432,90	432,84	432,98	432,62	432,20	0,00	0,00	0,00
1982		426,24	426,73	426,83	426,62	428,58	0,00	0,00	0,00	246,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,06	18,98	32,35	77,51	19,38
1983		0,00	0,00	0,00	0,00	8,19	17,42	48,32	9,14	0,00	0,00	0,00	273,20	352,92	406,02	367,05	314,44	0,00	0,00	0,00	0,00
1984		308,27	383,23	332,68	243,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	414,40	100,04	278,35	0,00	314,21	433,12	433,12	433,12
1985		415,79	80,02	267,54	5,68	308,06	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,02	432,94	433,05
1986		400,81	432,87	433,12	371,60	285,69	286,59	429,69	417,30	180,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	384,83	131,86	0,00	0,00	0,00	0,00
1987		0,00	0,00	386,27	128,11	0,00	0,00	0,00	0,00	320,30	0,00	408,83	422,72	425,84	431,62	432,86	357,82	0,00	0,00	375,04	429,60
1988		401,63	413,52	426,42	322,10	21,35	21,96	395,33	394,41	406,72	418,14	413,23	418,70	95,36	21,81	58,15	60,11	40,25	382,64	178,99	45,88
1989		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	392,93	260,75	0,00	0,00	0,00	407,22	392,38	0,00	0,00	227,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1990		0,00	0,00	217,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	238,09	431,17	431,64	433,08	433,12	420,43	300,13	386,80	299,41
1996		0,00	0,00	0,00	0,00	379,87	225,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	431,73	376,35	0,00	0,00	0,00
1997		0,00	0,00	0,00	366,92	377,45	232,54	0,00	0,00	306,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1998		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,15	312,24	284,57	133,17	223,24	0,00	321,74	0,00	0,00	417,68
1999		286,30	112,83	221,24	0,00	329,67	0,00	0,00	411,56	340,38	0,00	432,83	407,36	424,70	262,00	165,18	431,32	429,13	406,39	0,00	175,63
2000		360,27	264,93	198,70	431,53	430,08	421,51	0,00	217,21	0,00	0,00	247,12	248,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2001		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	142,23	0,00	0,00	216,07	152,36	195,98	349,86	429,46	421,31	226,20	0,00	298,46	0,00
2002		173,72	320,89	425,78	422,09	208,25	0,00	303,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	190,71	136,77	159,49	431,05	431,80	432,16	380,63	428,16
2003		192,43	139,49	157,05	427,00	427,33	430,34	395,00	416,03	420,50	422,62	283,15	0,00	0,00	430,94	430,89	431,84	174,77	0,00	0,00	364,11

Cinza escuro: despachos nulos; Cinza médio: despachos abaixo de 70% da geração máxima; Branco: despachos acima de 70% da geração máxima.

TABELA 15 - RESULTADOS DO DESPACHO GERAÇÃO TÉRMICA EM MW/MÊS COM A FUNÇÃO DE CUSTO RACIONAL

(continuação)

Ano	Mês												35	36	37	38	39	40
1965	0,00	0,00	0,00	0,00	68,91	0,00	0,00	430,94	422,09	423,84	427,57	0,00	0,00	248,84	345,73	198,31	433,12	433,12
1966	0,00	259,76	347,80	210,28	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	405,01	106,27	24,54	0,00
1967	433,12	433,12	433,12	433,12	393,71	111,51	36,09	0,00	0,00	0,00	0,00	399,35	259,27	0,00	430,82	430,64	430,81	431,87
1968	260,37	0,00	0,00	426,78	425,28	425,39	426,59	429,80	247,97	0,00	0,00	288,71	201,22	0,00	341,18	0,02	0,06	1,08
1969	240,86	0,00	354,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	299,31	238,01	319,14	374,93	399,60	0,00
1970	325,22	280,51	419,10	432,65	432,80	0,00	0,00	286,37	417,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	277,30
1971	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	276,37	288,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	360,95	197,54	0,00	0,00
1972	0,00	0,00	0,00	351,61	180,08	0,00	0,00	409,98	411,02	148,67	248,91	351,70	157,67	418,81	432,25	431,52	430,30	421,42
1973	157,24	406,14	432,30	432,63	432,52	432,24	432,15	422,85	430,37	426,21	433,12	25,48	0,00	0,00	0,00	138,56	111,65	226,45
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	111,98	63,86	193,30	118,34	0,00	0,00	0,00	0,00	82,66	0,00	0,00	0,00	70,28
1975	0,00	93,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	82,30	431,90	432,30	259,92	0,00	229,48	0,00	167,02	433,12	433,12	433,12
1976	251,78	0,00	0,00	197,49	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	422,95	425,77	419,89
1977	433,12	433,12	390,85	433,12	433,11	426,32	421,44	420,08	95,59	377,72	184,69	126,01	0,00	0,00	0,00	146,53	232,89	0,00
1978	0,00	0,00	0,00	0,00	154,94	237,08	0,00	408,99	355,86	354,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	432,23	432,90
1979	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	29,74	413,62	424,45	431,30
1980	433,12	433,12	147,19	9,56	433,05	430,18	426,97	431,71	430,97	0,00	0,00	0,00	308,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1981	270,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,03	19,43	52,40	9,91	0,00	0,00	265,78	347,84	404,50	363,52
1982	5,72	0,00	0,00	242,46	341,10	397,38	360,40	292,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	416,19	0,00	313,05
1983	0,00	0,00	0,00	0,00	407,97	0,00	329,46	0,00	351,75	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,06
1984	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	432,69	330,34	432,67	432,86	94,31	0,00	0,00	0,00	393,77	0,00
1985	134,87	13,32	0,00	0,00	0,00	0,00	393,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	275,00	0,00	381,48	421,35	429,70	326,07
1986	321,87	0,00	415,39	420,34	418,54	423,26	433,12	368,20	0,00	0,00	382,21	421,64	415,41	425,30	426,48	431,78	0,00	133,04
1987	432,00	429,43	429,75	430,15	0,00	0,00	124,60	70,47	0,00	396,85	212,43	0,00	0,00	0,00	399,59	382,06	0,00	179,82
1988	32,89	46,95	386,97	379,10	23,58	43,04	137,64	75,21	37,79	62,93	60,88	86,66	73,94	64,23	54,20	203,61	404,49	408,95
1989	0,00	0,00	0,00	220,20	432,10	430,01	430,83	430,70	431,70	284,78	382,02	299,59	415,15	234,85	211,07	0,00	356,26	299,24
1990	421,50	226,31	209,37	0,00	351,43	295,07	181,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	145,87	155,52	403,31	356,62	0,00
1996	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	205,50	367,48	226,29	279,15
1997	0,00	0,00	273,23	370,73	347,32	278,47	311,54	0,00	359,27	0,00	0,00	420,97	385,06	0,00	428,55	414,70	327,98	242,16
1998	344,58	0,00	402,60	415,20	420,91	243,80	143,10	419,68	420,42	386,64	0,00	131,13	0,00	0,00	198,12	207,42	0,00	0,00
1999	0,00	0,00	208,07	214,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	171,88	98,48	147,86	330,23
2000	0,00	0,00	209,48	144,51	188,01	343,31	428,55	430,19	223,12	0,00	315,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	208,63	150,27
2001	0,00	0,00	0,00	0,00	215,73	160,03	185,22	430,26	430,10	431,34	388,32	431,28	391,08	432,83	318,11	0,00	0,00	433,08
2002	428,64	428,76	244,23	0,00	0,00	432,69	432,56	432,83	172,01	0,00	0,00	366,20	0,00	0,00	367,10	423,77	430,72	430,09
2003	0,00	0,00	0,00	364,50	427,87	424,04	423,82	428,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	433,12	433,12	433,12	433,12

Cinza escuro: despachos nulos; Cinza médio: despachos abaixo de 70% da geração máxima; Branco: despachos acima de 70% da geração máxima.

TABELA 15 - RESULTADOS DO DESPACHO GERAÇÃO TÉRMICA EM MW/MÊS COM A FUNÇÃO DE CUSTO RACIONAL

(conclusão)

Ano	Mês	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
1965		433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	391,86	130,85	39,20	11,64	0,00	0,00	0,00	399,83	246,33	0,00	0,00	388,08
1966		0,00	0,00	0,00	403,72	255,06	0,00	0,00	431,09	430,80	431,23	431,71	432,21	238,37	0,00	0,00	285,01	195,67	0,00	394,19	0,00
1967		242,37	0,00	0,00	284,63	199,11	0,00	343,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	258,11	189,28	421,93	427,41
1968		0,09	0,08	0,05	0,04	261,05	190,48	408,53	410,29	415,33	77,46	14,84	209,72	403,42	0,02	0,12	0,07	0,08	0,07	0,09	0,00
1969		405,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	243,73	233,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	425,79
1970		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	346,98	203,32	0,00	0,00	427,45	424,16	149,93	264,33	341,32	152,41	408,22	430,25	430,10
1971		424,71	158,18	261,48	354,79	165,95	431,07	431,98	431,97	431,77	432,68	427,08	428,16	405,16	420,02	427,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1972		416,66	425,51	419,53	56,87	5,86	0,00	0,00	0,00	0,00	156,51	106,34	228,94	154,32	0,00	0,00	0,00	0,00	137,54	0,00	0,00
1973		155,69	0,00	0,00	0,00	0,00	136,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	108,78	414,56	430,85	290,86	0,00	251,12	0,00	0,00	208,64
1974		432,22	432,41	255,33	0,00	220,65	0,00	0,00	159,54	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,11	379,96	433,11
1975		433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	403,81	433,12	431,07	422,85	418,33	419,76	120,29	371,72	150,86	86,37	0,00	0,00	0,00	0,00
1976		108,87	381,56	173,39	112,18	0,00	0,00	0,00	0,00	142,12	231,22	0,00	416,24	357,57	356,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1977		355,78	355,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	274,47	0,00
1978		432,77	431,84	431,24	431,18	431,59	432,12	319,21	39,37	432,26	428,00	428,79	427,42	428,93	0,00	0,00	0,00	172,77	0,00	0,00	0,00
1979		430,98	0,00	0,00	0,00	257,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,51	10,56	18,99	50,55	11,40	0,00	0,00	0,00	252,66
1980		0,00	6,10	19,44	0,00	0,00	0,00	0,00	303,06	365,14	412,96	377,35	335,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1981		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	413,84	0,00	323,34	0,00	347,42	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
1982		340,48	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	405,07	433,12	433,11	154,56	0,00	0,00	0,00
1983		433,12	405,15	433,12	433,12	189,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	386,22	128,98	0,00	0,00	0,00	0,00	315,72	0,00	393,70	425,33
1984		0,00	0,00	0,00	0,00	283,66	0,00	381,81	419,08	420,93	425,10	429,88	342,53	0,00	0,00	345,74	423,24	423,94	427,20	427,85	429,14
1985		0,00	0,00	343,29	429,20	426,23	426,97	427,50	431,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	398,59	149,80	0,00	0,00	0,00	431,75	431,56
1986		0,00	396,30	216,50	0,00	0,00	0,00	396,35	386,17	0,00	0,00	184,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	209,13
1987		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	205,08	427,73	425,86	431,99	433,12	433,12	17,93	409,89	277,65	433,12	186,31	167,52	0,00
1988		433,12	433,12	414,35	290,91	431,50	167,83	128,80	18,05	336,85	251,00	95,46	49,42	42,83	48,61	52,41	54,88	57,64	50,23	65,27	407,00
1989		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	146,28	0,00	416,22	362,93	0,00	0,00	234,94	0,00	0,00	0,00	197,94	0,00	0,00	285,80	0,00
1990		0,00	0,00	0,00	198,20	0,00	0,00	286,32	0,00	358,39	0,00	176,75	249,73	0,00	0,00	0,00	272,66	394,98	0,00	0,00	251,16
1996		341,06	0,00	0,00	410,73	343,96	0,00	364,42	410,38	429,09	300,22	192,54	347,15	430,59	360,87	0,00	177,76	0,00	0,00	278,53	377,93
1997		417,27	398,97	0,00	235,37	0,00	0,00	283,86	290,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	256,95	203,35
1998		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	162,14	85,55	156,28	353,39	415,88	416,58	168,50	0,00	278,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1999		186,93	0,00	299,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	176,58	115,53	138,47	432,28	432,40	426,19	375,64	426,07	429,36	433,12	237,25	0,00
2000		430,39	432,64	383,27	429,12	429,58	430,72	242,71	0,00	0,00	432,87	432,92	432,54	190,64	0,00	0,00	376,91	0,00	0,00	0,00	335,03
2001		196,84	0,00	0,00	375,82	0,00	0,00	157,45	375,81	418,30	428,25	426,95	428,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	427,83
2002		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12
2003		433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	433,12	239,18	22,50	0,00	0,00	0,00	0,00	329,05	178,10	0,00	0,00	112,28

Cinza escuro: despachos nulos; Cinza médio: despachos abaixo de 70% da geração máxima; Branco: despachos acima de 70% da geração máxima.

TABELA 16 - DÉFICIT ENERGÉTICO EM MW/MÊS FUNÇÃO QUADRÁTICA

(continua)

Ano	Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1931	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1932	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	868,43	428,34	824,43	717,87	772,99	512,79	476,81	276,34
1933	882,69	475,17	838,00	750,62	806,23	614,67	567,47	305,61	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	156,48	235,90	227,92
1934	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	178,61	259,74	238,58	146,88	174,93	121,79	127,37	211,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1935	195,08	13,25	53,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1936	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1937	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1938	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1939	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1940	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1941	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1942	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	271,15	338,25	267,81	8,13	2,74	0,11	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
1943	83,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	599,05	1389,39	1247,05	1229,36	1319,55
1944	0,00	0,00	0,00	789,60	1273,30	1170,44	1255,73	1258,15	1138,41	1195,05	1012,63	1027,19	982,65	456,72	779,40	535,43	594,95	408,83	333,12	336,34	136,34
1945	980,89	573,21	877,08	664,47	699,27	428,41	255,37	88,96	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1946	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1947	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1948	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	65,85	56,12	0,00	0,00	51,09	19,73	40,97	0,00	3,40	0,00
1949	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1950	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,42	315,18	103,05	0,00	0,00
1951	0,00	0,00	0,00	49,07	462,08	228,17	81,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	451,70	192,52	284,08	13,95	0,00	0,00	0,00	0,00
1952	333,14	21,77	92,02	0,53	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1953	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1954	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1955	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1956	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1957	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1958	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1959	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	532,58	604,63	515,78	102,56	27,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1960	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1961	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1962	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1963	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1964	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Destacado em cinza a ocorrência de déficit

TABELA 16 - DÉFICIT ENERGÉTICO EM MW/MÊS FUNÇÃO QUADRÁTICA

(continuação)

Ano	Mês	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1931		0,00	0,00	0,00	0,00	840,64	558,66	816,17	744,25	787,06	637,37	634,92	465,57	10,58	0,00	1,14	1,43	0,35	0,00	0,00	0,00
1932		85,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	206,88	251,41	223,45	150,66	157,60	97,59	96,12	89,45	0,00	0,00	0,00
1933		154,08	187,64	134,23	137,69	299,86	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1934		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1935		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1936		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1937		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1938		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1939		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1940		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	144,40	212,62	107,96	1,30	1,34	0,08
1941		0,00	0,00	231,66	301,24	209,28	0,01	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	788,90
1942		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	754,73	1460,23	1328,83	1395,08	1327,73	1087,37	1073,70	839,43	817,23	907,62	634,89	822,19	661,45
1943		1235,81	1274,35	1121,38	1082,06	1054,51	775,65	891,56	782,56	801,58	680,81	490,48	312,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1944		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1945		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1946		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	129,00	57,21	0,21	43,20	5,87
1947		0,00	0,00	0,00	52,12	50,02	10,82	40,31	23,72	28,04	10,13	10,61	2,29	0,41	0,38	0,17	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
1948		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25,39
1949		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	118,58	346,60	191,10	76,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	419,08	198,11	285,84	27,44
1950		0,00	0,00	0,00	0,00	333,77	23,42	94,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1951		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1952		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1953		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1954		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1955		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1956		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1957		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	433,22	485,96	420,31	120,61	43,08	0,00
1958		0,00	0,00	561,90	626,84	565,17	170,36	102,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1959		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1960		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1961		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1962		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1963		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1964		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Destacado em cinza a ocorrência de déficit

TABELA 16 - DÉFICIT ENERGÉTICO EM MW/MÊS FUNÇÃO QUADRÁTICA

Mês		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Ano																					
1931	0,00	184,51	256,18	201,25	138,71	168,56	113,34	106,46	485,86	74,36	157,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1932	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1933	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1934	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1935	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1936	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1937	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1938	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1939	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	612,47	677,79	586,91	90,73	137,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1940	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	674,49	985,04	792,14	863,55	761,28	505,56	567,98	372,28	411,64
1941	1391,18	1269,36	1359,56	1340,25	1168,57	1214,96	1009,28	1012,59	984,71	571,58	830,36	589,28	599,28	641,27	472,83	423,47	304,04	64,03	104,18	70,10	85,76
1942	688,53	495,95	424,94	299,71	1,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1943	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1944	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1945	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	328,49	267,77	0,12	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1946	15,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1947	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,08	33,48	15,56	21,81	12,87	1,39	0,00	0,00	0,00	0,00
1948	409,52	160,52	13,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	390,65	113,54	195,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1949	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1950	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1951	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1952	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1953	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1954	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1955	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1956	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	304,02	362,43	204,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1957	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1958	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1959	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1960	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1961	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1962	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1963	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1964	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	72,14	499,75	908,75	672,89	716,30	444,99	419,72	267,77	27,69	15,03	1,77	0,28	0,28

Destacado em cinza a ocorrência de déficit

(continuação)

TABELA 16 - DÉFICIT ENERGÉTICO EM MW/MÊS FUNÇÃO QUADRÁTICA

(continuação)

Ano	Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1965		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1966		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1967		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1968		145,36	573,12	771,01	660,58	717,14	580,46	684,24	538,60	185,14	1,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	531,01	246,76
1969		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1970		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1971		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1972		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1973		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1974		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1975		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1976		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1977		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1978		292,23	285,72	487,97	266,81	186,82	0,33	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	276,43	331,99	487,13	321,41	278,26	3,92	0,00
1979		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1980		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1981		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1982		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1983		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1984		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1985		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	619,22	597,23	412,80	483,06	262,49	196,94	0,42	0,10	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1986		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1987		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1988		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1989		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1990		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1996		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1997		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1998		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1999		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2000		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2001		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2002		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2003		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Destacado em cinza a ocorrência de déficit

TABELA 16 - DÉFICIT ENERGÉTICO EM MW/MÊS FUNÇÃO QUADRÁTICA

Ano	Mês	(conclusão)																			
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	1965	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	162,72	398,63	920,61	709,37
	1966	0,00	0,00	0,00	0,00	166,93	362,84	991,87	833,35	874,33	678,07	627,13	370,30	0,25	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1967	7,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1968	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1969	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1970	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1971	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1972	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1973	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1974	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1975	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	277,22	278,88	459,47	271,38
	1976	0,00	0,00	0,00	0,00	304,30	178,84	436,07	161,70	82,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1977	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1978	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	79,45	0,18
	1979	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1980	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1981	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	476,64	534,33	527,72	366,45	417,35	224,42	179,44	0,10	0,00	0,00	0,00
	1984	427,95	498,59	280,74	200,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1985	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1986	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1987	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1988	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1989	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1990	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1996	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1997	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1998	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1999	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2002	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	2003	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	247,95	231,03	98,54	383,42	356,18

Destacado em cinza a ocorrência de déficit

TABELA 16 - DÉFICIT ENERGÉTICO EM MW/MÊS FUNÇÃO QUADRÁTICA

Ano \ Mês		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
1965	756,81	478,11	414,23	117,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1966	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1967	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1968	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1969	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1970	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1971	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1973	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	267,25	330,28	523,19	310,72	247,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1975	196,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1976	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1977	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	116,65	20,50	146,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1978	57,45	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1979	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1981	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1982	0,00	500,60	578,87	553,82	316,38	389,17	111,70	18,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	277,68	319,11	238,70	21,45	14,98	0,00	0,00
1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1984	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1986	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1987	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1988	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1989	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1990	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1996	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1997	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1998	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1999	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2002	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	253,65	238,28	164,21	412,99	482,74	537,02	272,32	133,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2003	408,72	128,46	18,27	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Destacado em cinza a ocorrência de déficit

TABELA 17- DÉFICIT ENERGÉTICO EM MW/MÊS FUNÇÃO RACIONAL

(continua)

Mês Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1931	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1932	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	835,02	550,15	809,90	719,40	777,44	614,78	626,33	483,07
1933	871,39	446,18	833,73	699,48	763,17	510,28	472,42	244,63	46,36	0,00	0,91	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	174,57	259,84	237,68
1934	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	137,23	216,62	220,91	153,89	207,59	131,30	138,09	386,09	0,00	10,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1935	307,91	61,76	109,55	0,00	5,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1936	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1937	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1938	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1939	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1940	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1941	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1942	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	274,94	348,01	274,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1943	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	789,37	1200,65	1081,94	1144,69	1216,75
1944	0,00	0,00	0,00	0,00	1356,27	1241,82	1323,43	1312,84	1171,25	1230,58	1028,11	1043,84	1013,39	473,22	801,86	528,55	586,26	377,93	312,71	68,65
1945	943,87	505,62	838,80	613,44	660,11	403,46	244,07	15,32	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1946	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1947	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1948	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,00	31,09	0,00	46,94	6,93	16,56	0,00	0,00	0,00
1949	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1950	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1951	0,00	0,00	0,00	29,79	329,89	109,03	4,00	1,48	0,51	0,00	0,00	0,00	297,66	54,97	128,72	0,09	0,16	0,04	0,00	0,00
1952	318,15	126,03	215,08	0,29	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1953	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1954	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1955	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1956	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1957	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1958	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1959	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	373,97	441,42	305,69	0,82	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1960	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1961	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1962	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1963	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1964	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Destacado em cinza a ocorrência de déficit

TABELA 17 - DÉFICIT ENERGÉTICO EM MW/MÊS FUNÇÃO RACIONAL

(continuação)

Ano	Mês	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1931		0,00	0,00	0,00	0,00	820,83	536,82	791,76	664,30	719,84	541,69	547,77	405,76	104,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1932		86,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	224,90	302,67	255,51	111,36	117,76	31,94	79,67	468,15	123,44	210,09	0,00
1933		134,81	160,87	93,68	85,39	54,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1934		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1935		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1936		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1937		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1938		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1939		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1940		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	253,58	312,77	162,81	0,00	0,00	0,00
1941		0,00	0,00	448,40	498,76	351,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	745,54
1942		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	717,71	1375,52	1264,64	1338,55	1329,27	1191,23	1242,84	1066,41	1072,64	1037,19	596,62	884,05	625,66
1943		1094,90	1209,83	948,10	977,09	997,65	680,49	870,70	711,64	815,18	652,29	580,90	398,42	25,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1944		0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1945		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1946		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	268,82	183,86	1,94	30,78	3,81
1947		0,00	0,00	0,00	44,59	41,09	0,00	41,40	4,42	20,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1948		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35,44
1949		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,53	381,49	112,75	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	310,63	78,48	154,77	0,00
1950		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1951		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1952		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1953		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1954		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1955		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1956		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1957		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	687,46	669,72	664,97	348,71	292,85	2,39
1958		0,00	0,00	446,43	516,51	412,12	146,40	175,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1959		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1960		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1961		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1962		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1963		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1964		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Destacado em cinza a ocorrência de déficit

TABELA 17 - DÉFICIT ENERGÉTICO EM MW/MÊS FUNÇÃO RACIONAL

(continuação)

Ano	Mês	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
1931		0,00	232,47	280,15	244,84	156,23	148,23	122,93	126,55	200,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1932		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1933		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1934		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1935		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1936		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1937		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1938		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1939		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	593,31	638,69	609,69	129,10	158,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1940		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	632,61	985,05	835,26	915,40	858,00	592,92	528,92	258,61	321,86
1941		1355,08	1255,07	1334,07	1332,13	1214,20	1253,05	1059,70	1075,62	1102,16	673,69	970,98	709,14	746,61	484,77	332,47	210,70	39,02	15,66	0,00	4,56
1942		647,51	354,95	283,80	161,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1943		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1944		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1945		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	217,05	165,92	7,37	30,49	2,57	7,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1946		2,14	1,06	1,12	1,27	1,09	0,39	0,43	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1947		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	49,51	342,29	78,88	4,32	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
1948		420,56	155,59	3,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	331,68	130,34	211,32	0,06	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1949		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1950		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1951		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1952		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1953		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1954		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1955		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1956		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	437,52	493,30	366,03	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1957		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1958		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1959		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1960		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1961		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1962		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1963		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1964		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	167,27	409,50	998,07	769,93	800,85	509,79	483,37	324,52	8,54	0,00	0,00	0,00

Destacado em cinza a ocorrência de déficit

TABELA 17 - DÉFICIT ENERGÉTICO EM MW/MÊS FUNÇÃO RACIONAL

(continuação)

Ano	Mês	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1965		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1966		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1967		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1968		166,79	371,97	1069,67	895,46	915,82	721,62	673,04	398,72	0,00	0,00	0,00	0,00	165,06	436,29	959,62	808,16	851,75	569,62	489,18	156,62
1969		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1970		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1971		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1972		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1973		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1974		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1975		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1976		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1977		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	212,11	334,23	555,98	287,86	185,17	0,00	0,00	0,00
1978		302,41	202,91	457,00	177,78	75,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1979		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1980		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,17	6,01	0,00	0,00	0,00
1981		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1982		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1983		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1984		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1985		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	259,82	351,47	311,29	203,36	247,18	151,75	336,83	194,74	1,65	54,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1986		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1987		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1988		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1989		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1990		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1996		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1997		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1998		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1999		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2000		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2001		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2002		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2003		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Destacado em cinza a ocorrência de déficit

TABELA 17 - DÉFICIT ENERGÉTICO EM MW/MÊS FUNÇÃO RACIONAL

(continuação)

Ano	Mês	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1965		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	166,68	448,00	979,54	815,63
1966		0,00	0,00	0,00	0,00	160,51	427,31	936,01	754,39	803,28	556,21	491,77	188,67	1,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1967	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1968	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1969	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1970	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1971	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1973	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1975	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1976	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	206,46	276,47	514,87	228,48	114,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	238,14	505,84	269,06
1977	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1978	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1979	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	116,93	45,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1981	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1982	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	560,41	619,24	596,65	423,43	496,26	282,35	215,54	0,00	0,00	0,00	0,00
1984	439,87	515,36	294,72	232,98	6,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1986	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1987	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1988	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1989	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1990	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1996	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1997	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1998	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1999	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2002	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2003	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	242,58	224,48	207,42	424,26	542,91

Destacado em cinza a ocorrência de déficit

TABELA 17 - DÉFICIT ENERGÉTICO EM MW/MÊS FUNÇÃO RACIONAL

Ano \ Mês		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
1965	865,86	576,03	491,60	168,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1966	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1967	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1968	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1969	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1970	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1971	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1972	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1973	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1974	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	250,15	247,20	497,66	230,90	109,75	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1975	152,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1976	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1977	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	48,50	0,00	116,70	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1978	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1979	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1980	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1981	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	333,66	370,53	273,54	26,63	0,47	0,18	0,44
1982	0,00	569,42	617,90	601,61	388,79	485,68	240,30	154,35	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1983	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1984	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1985	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1986	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1987	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1988	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1989	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1990	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1996	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1997	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1998	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1999	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2001	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2002	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	264,65	258,01	227,11	467,05	266,32	367,21	130,41	38,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2003	687,91	444,43	352,36	0,43	0,60	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Destacado em cinza a ocorrência de déficit

ANEXO 1

Este anexo apresenta os valores de aflúências utilizadas como entrada nas otimizações para cada usina hidrelétrica, em unidades de (m³/s).

TABELA 18 – AFLUÊNCIAS PARA O PERÍODO DE PLANEJAMENTO DE 1949 ATÉ 1953

ANO	Machadinho	Itá	Gov. Bento Munhoz	Salto Segredo	Salto Santiago	Salto Osório	Salto Caxias
1949	138	28	277	15	55	15	145
	83	28	150	16	35	9	66
	277	70	280	18	83	14	181
	346	100	659	40	177	35	355
	273	116	391	39	256	34	283
	744	290	606	74	198	35	356
	469	128	246	24	103	21	138
	629	193	257	26	60	12	156
	938	296	312	24	69	19	164
	644	282	289	43	103	21	175
	228	123	207	23	61	13	99
	149	77	187	28	35	7	104
1950	255	94	639	70	197	36	209
	262	65	523	68	248	36	208
	376	136	939	64	335	58	283
	293	63	314	36	142	29	190
	363	266	359	71	174	24	257
	323	285	273	32	126	21	149
	294	121	270	47	182	23	208
	945	960	185	34	69	14	113
	685	328	293	48	84	11	94
	1823	845	1292	217	416	75	401
	452	330	536	93	204	46	258
	355	158	460	62	91	30	154
1951	519	190	511	67	137	21	206
	921	530	1101	85	210	51	273
	631	334	1178	135	341	86	460
	214	97	344	43	128	30	180
	125	52	175	22	72	13	104
	124	53	172	28	60	6	70
	243	127	201	23	82	20	78
	100	34	102	11	52	8	39
	115	37	104	13	36	6	45
	1544	934	890	156	197	30	254
	764	524	897	139	312	67	302
	326	128	636	85	245	53	196
1952	221	64	316	42	88	20	124
	248	82	275	30	109	14	108
	102	39	207	14	71	5	82
	74	39	164	22	113	15	91
	44	5	92	11	44	3	65
	702	279	414	51	243	26	230
	1235	543	290	36	145	20	164
	332	178	171	22	97	14	105
	944	415	758	80	298	34	230
	1309	636	1217	214	667	107	562
	586	319	914	134	319	102	334
1953	234	113	405	62	116	42	153
	360	162	465	23	108	15	132
	650	283	503	81	87	24	159
	264	94	366	51	101	17	122
	246	145	279	40	163	45	99
	166	104	216	37	132	29	102
	431	202	259	39	171	42	133
	382	247	178	32	99	17	134
	263	183	153	32	52	6	105
	1320	498	466	121	361	50	318
	1773	820	848	177	444	21	525
	1064	401	1272	130	424	140	494
	403	126	518	89	173	44	210

TABELA 19 – AFLUÊNCIAS PARA O PERÍODO DE PLANEJAMENTO DE 1982 ATÉ 1986

ANO	Machadinho	Itá	Gov. Bento Munhoz	Salto Segredo	Salto Santiago	Salto Osório	Salto Caxias
1982	252	121	330	72	228	64	218
	472	141	544	110	77	9	162
	352	106	368	63	139	25	111
	200	76	182	32	54	13	42
	177	61	193	37	38	4	58
	1024	264	719	192	390	53	495
	1489	936	1846	437	914	210	1021
	836	436	657	141	279	61	304
	482	196	342	72	132	30	170
	1907	724	1088	216	650	92	493
	2600	1218	2165	403	1264	182	1429
	946	417	1477	217	696	153	618
1983	756	269	790	135	326	68	215
	960	180	817	144	297	45	182
	1437	819	1238	322	527	108	1017
	792	343	683	181	487	80	419
	2357	1298	2010	458	1444	190	1696
	1996	876	2169	302	972	214	794
	5925	2367	5150	743	2359	221	2325
	3000	1984	1658	201	485	138	529
	1178	942	1158	143	735	93	663
	710	373	1332	197	719	133	547
	787	446	739	245	469	89	442
	518	166	588	76	237	35	317
1984	569	147	434	75	147	27	291
	667	216	255	55	155	44	223
	550	161	354	65	196	12	254
	444	153	417	112	192	45	368
	736	335	631	103	237	39	283
	1723	641	1102	240	595	68	728
	1591	559	601	103	187	51	251
	3149	1423	1747	293	485	62	614
	1151	545	779	118	309	55	328
	1280	602	595	98	207	62	324
	934	383	1037	191	387	73	413
	640	227	645	96	408	85	354
1985	236	134	274	42	112	36	111
	821	286	595	89	275	31	250
	521	191	392	72	136	43	109
	559	288	781	180	425	66	279
	644	450	296	70	165	50	202
	344	137	179	41	84	32	152
	428	173	191	43	86	39	126
	515	193	110	37	53	20	182
	707	383	183	25	68	17	94
	429	248	143	35	55	7	134
	457	193	256	84	36	12	214
	124	55	82	19	20	5	82
1986	177	59	166	20	60	8	102
	246	109	430	79	201	32	344
	172	131	433	73	177	45	246
	703	457	390	79	176	32	416
	402	194	405	107	404	75	538
	638	393	346	132	282	87	490
	408	152	144	43	72	20	171
	490	268	276	55	137	25	366
	861	418	438	120	217	32	535
	859	353	512	107	171	32	356
	1043	228	570	119	85	21	216
	624	174	903	48	232	36	263

TABELA 20 – AFLUÊNCIAS PARA O PERÍODO DE PLANEJAMENTO DE 2003 ATÉ 2007

ANO	Machadinho	Itá	Gov. Bento Munhoz	Salto Segredo	Salto Santiago	Salto Osório	Salto Caxias
2003	510	269	547	119	168	34	190
	546	246	652	99	300	62	404
	519	255	602	142	240	51	280
	247	124	229	73	125	24	132
	414	134	142	55	82	17	94
	569	197	491	170	232	42	268
	466	177	454	103	209	30	186
	204	67	189	66	99	15	72
	147	80	168	58	80	10	75
	421	188	304	72	176	38	251
	456	184	504	151	312	61	402
	1309	696	1056	299	418	77	620
2004	608	173	727	202	227	62	243
	294	117	351	91	87	18	83
	202	39	289	75	65	7	45
	409	87	256	62	70	7	53
	581	208	602	156	376	68	476
	344	129	753	172	319	58	317
	1126	374	759	201	452	84	541
	324	85	296	103	151	28	130
	1197	323	312	87	125	25	151
	1214	565	978	268	435	70	596
	737	287	1015	292	540	136	734
2005	391	79	486	112	141	29	155
	357	107	467	91	131	17	126
	176	34	251	64	64	12	34
	224	38	182	42	46	3	16
	791	319	293	45	65	8	54
	1748	670	593	167	289	56	421
	1437	858	852	279	591	127	765
	859	273	552	163	251	43	265
	774	203	461	109	135	17	141
	2441	804	2036	320	612	103	695
	2361	1011	1957	488	998	182	1228
2006	821	243	1083	173	353	89	353
	271	64	332	79	107	17	79
	345	75	284	131	126	12	98
	262	62	294	114	112	13	59
	238	137	292	125	101	10	78
	142	78	257	106	94	22	95
	111	37	95	44	40	5	32
	187	88	80	36	36	5	34
	284	96	95	28	39	5	37
	707	245	132	39	60	11	76
	423	152	352	71	156	22	177
2007	280	103	428	96	160	33	176
	708	366	332	66	124	19	147
	592	277	466	141	220	37	253
	381	169	564	130	270	47	290
	505	199	612	95	173	18	155
	857	248	681	151	233	38	184
	420	386	618	311	410	58	509
	1340	842	1516	377	748	144	900
	493	118	686	149	262	65	242
	1592	642	376	91	147	20	157
	819	180	255	73	87	17	71
2007	1075	291	218	40	49	6	42
	1199	480	458	64	87	16	119
	1180	594	1034	170	302	67	425
	446	113	715	142	200	26	189